



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Diseño del Plan de Estudios para la formación de Energías Renovables con la UNICAM Suri.

Alumno: Sergi Mangas Solé

Tutor: Xavier Álvarez del Castillo

21/05/2016



“He fracasado una vez y otra vez y
otra vez en mi vida y por eso he
tenido éxito”

Michael J. Jordan

Índice

1. Introducción.	5
2. Alcance del Proyecto.	6
3. Objetivos.	6
4. Santiago del Estero.	7
3.1. Historia de Santiago del Estero.	8
5. Movimiento Campesino de Santiago del Estero – MOCASE.	9
6. La Energía	11
5.1. Introducción a la energía.	11
5.2. Unidad de medida de la Energía	11
5.3. Energías No Renovables.	12
5.4. Energías Renovables.	14
6. Energía Solar Térmica.	15
6.1. Fuente de Energía: El Sol.	15
6.2. Radiación Solar.	16
6.3. Radiación Solar: la Luz Solar y el Color.	18
6.3.1. La Luz Solar.	18
6.3.2. El Color.	19
6.4. Radiación Solar: el Calor.	20
6.4.1. Transmisión del Calor por Convección.	21
6.4.2. Transmisión del Calor por Conducción.	23
6.4.3. Transmisión del Calor por Radiación.	24
6.5. Aislamiento.	25
6.6. Efecto Invernadero.	26
6.7. Posición respecto al Sol: Inclinação, Orientación y Situación:	27
6.7.1. Inclinação.	27
6.7.2. Orientación.	28
6.7.3. Situación.	29
6.8. La tecnología actual.	30
6.9. Práctica 1: Construcción de un Horno Solar 30-60.	31
6.9.1. Material para un Horno Solar 30-60.	32
6.9.2. Herramientas.	32
6.9.3. Coste del material para la construcción del Horno Solar 30-60.	33
6.9.4. El Horno Solar 30-60, paso a paso.	34

6.10.	Práctica 2: INSTALACIÓN SOLAR TERMICA, AGUA CALIENTE SANITARIA.	48
6.10.1.	Elementos de una instalación de Agua Solar Sanitaria.	48
6.10.2	Coste del material para la instalación de Agua Caliente Sanitaria Solar.	52
7.	Energía de la Biomasa: El origen.	53
7.1.	Energía de la Biomasa: Fuente de Energía.	55
7.1.1.	Biomasa Natural.	55
7.1.2.	Residuos.	55
7.1.3.	Excedentes.	56
7.1.4.	Agroenergía.	56
7.2.	Energía de la Biomasa: Biocombustible o Biocarburante.	57
7.3.	Energía de la Biomasa: Poder Calorífico.	57
7.4.	Energía de la Biomasa: Aplicaciones.	59
7.4.1.	Generación de Energía Térmica:	59
7.4.2.	Generación de Energía Eléctrica.	60
7.4.3.	Generación de Energía Mecánica.	61
7.4.4.	Generación de Energía Cogeneración.	61
7.5.	Energía de la Biomasa: Tecnología Actual.	62
7.6.	Práctica 3: Cálculo de la potencia de una vivienda.	62
7.7.	Práctica 4: Demostración de la viabilidad de una instalación de Agua Caliente Sanitaria con Biomasa utilizando un horno de leña.	72
8.	Energía Eólica.	79
8.1.	Energía Eólica: ventajas y desventajas.	80
8.2.	El Aerogenerador.	81
8.2.1.	Funcionamiento de un Aerogenerador	81
8.2.2.	Partes de un Aerogenerador.	81
8.3.	Tipos de Aerogeneradores.	82
8.3.1.	Aerogeneradores de Eje Horizontal.	82
8.3.2.	Aerogeneradores de Eje Vertical.	85
8.4.	Energía Eólica: Potencia de un Aerogenerador.	89
8.4.1.	Densidad del aire.	89
8.4.2.	Área de barrido.	90
8.4.3.	Velocidad del viento	91
8.4.4.	Coeficiente de Potencia y la Ley de Betz.	92
8.5.	Energía eólica: la tecnología actual.	93
8.6.	Práctica 5: Construcción de un Aerogenerador Savonius.	94
8.6.1.	Material para un Aerogenerador doméstico.	94
8.6.2.	Coste Aerogenerador Savonius doméstico.	95
8.6.3.	Aerogenerador doméstico, paso a paso.	96
8.6.4.	Potencia Aerogenerador Savonius doméstico.	106
8.6.5.	Dimensionado de la polea del generador.	108
9.	Conclusiones.	110

10.	<i>Agradecimientos.</i>	111
11.	<i>Referencias.</i>	112
12.	<i>Índice de ilustraciones.</i>	113
13.	<i>Índice de tablas.</i>	114

1. Introducción.

Santiago del Estero es una región del Noroeste de Argentina, históricamente esta región ha estado maltratada por los diferentes gobiernos y dictaduras que han presidido tanto el país como la región. Varias décadas de gobiernos corruptos y dictadores que han facilitado la explotación de los habitantes de la región convirtiéndolos en esclavos del capitalismo más extremo, así como la explotación sin medida de sus recursos naturales hasta el punto de agotarlos por completo. Esto ha llevado a la región de Santiago del Estero a ser una de las provincias más pobres de América Latina y Caribe.

Este proyecto nace con dos ideas principales, la primera es la de brindar una oportunidad a la población de esta región argentina y sobretodo tiene la difícil empresa de mostrar a la población más joven que hay otro estilo de vida que el mostrado hasta el momento. La segunda es la de mejorar el estilo de vida de la población de Santiago del Estero realizando pequeñas mejoras, como poder disponer de Agua Caliente Sanitaria, electricidad para uso doméstico, etc.

El motivo de apostar por las energías renovables como vehículo para mostrar un futuro alternativo y mejor a la población de Santiago del Estero, viene promovido por facilidad de uso de las energías renovables, debido a que no se necesitan grandes conocimientos teóricos y prácticos para su uso, la versatilidad de este tipo de fuentes de energía y la no necesidad de tecnología puntera para la explotación de los recursos naturales como pueden ser el Sol, la biomasa y el viento y lo que es más importante para la población de la zona de Santiago del Estero, el respeto por sus ya sobreexplotados recursos naturales.

Personalmente el motivo de apostar por este proyecto que me presento el profesor Xavier Álvarez del Castillo, es el de tener la posibilidad de que se lleve a cabo y sea una realidad el hecho de poder ayudar e intentar cambiar, si es posible hacía mejor, la vida de otras personas.

2. Alcance del Proyecto.

Mediante este Proyecto Final de Grado, se promueve la creación conjuntamente con el Movimiento Campesino de Santiago del Estero (MOCASE) y la Universidad Campesina (UNICAM Suri) de los Planes de Estudio de diferentes cursos para la formación de futuros técnicos de Energías Renovables tales como:

- Energía Solar Térmica (Agua Caliente Sanitaria).
- Biomasa (Agua Caliente Sanitaria).
- Energía Eólica.

El objetivo principal de estos Planes de Estudio es dar un futuro alternativo y mejor a los habitantes de la región de Santiago del Estero, especialmente a la gente más joven.

Los Planes de Estudio están organizados en dos grandes bloques, en el primer bloque se presenta de forma sencilla la parte teórica que se considera necesaria de cada fuente de energía. Por lo contrario, en el segundo bloque se opta por mostrar casos prácticos de aplicaciones de cada fuente de energía, cálculos necesarios o consejos para realizar una instalación.

3. Objetivos.

El objetivo de este proyecto es la realización de un currículo teórico-práctico para la enseñanza de futuros técnicos en energías renovables vinculados a la UNICAM-Suri.

4. Santiago del Estero.

La provincia de Santiago del Estero (Santiago del Estero) está situada en la región del Noroeste de Argentina, con una superficie de 136.351 km² y 896.461 habitantes (2013)¹, tiene una densidad de población de 6,57 hab/km².

Santiago del Estero – La Banda es con 327.974 habitantes (36,58% de la población) es la capital de la provincia y su principal centro político-administrativo. La Banda es una ciudad (95.000 habitantes) a 8km de distancia de Santiago del Estero unidas entre sí por un puente por encima del río Dulce. Debido al crecimiento poblacional y físico ambas ciudades se fusionan y se forman lo que se conoce como *aglomerado urbano*.

La provincia de Santiago del Estero es una de las regiones más pobres de toda Latino América y el Caribe.



Ilustración 1. Mapa provincias de Argentina.

¹ Fuente consultada: Wikipedia.org

3.1. Historia de Santiago del Estero.

Históricamente durante la primera mitad del Siglo XIX, tanto la región como los habitantes de Santiago del Estero han sufrido la explotación por parte de las grandes multinacionales forestales de Europa. La relación laboral entre estas empresas multinacionales y los habitantes de la región era casi una relación amo-esclavo. Un claro ejemplo del sistema capitalista del Siglo XIX, donde los gobiernos están al servicio de las grandes empresas sin importarles la calidad de vida de las personas.

Una vez la explotación forestal de las tierras de Santiago del Estero dejó de ser rentable para las multinacionales, estas abandonaron la región dejando la zona con todos sus recursos forestales ajotados y con la mayoría de las familias que vivían de la explotación forestal sin una fuente de ingresos para mantenerse.

Fue entonces cuando los habitantes de la región de Santiago del Estero decidieron convertirse en campesinos agricultores para poder sobrevivir. Empezaron a construirse ranchos, abrir caminos y a trabajar la tierra, de esta manera se convirtieron por voluntad propia en productores de algodón, ganado caprino y/o bovino.

Esta situación se ha repetido al largo de la historia de Santiago del Estero, en los últimos años se ha acentuado el monocultivo de soja transgénica por parte de las grandes multinacionales debido al gran incremento de la demanda y el aumento de precio de la soja en el mercado internacional. Durante las últimas décadas del Siglo XIX, el ecosistema de la región de Santiago del Estero ha sufrido una sobreexplotación de sus recursos llevándolo al colapso, esto es culpa del gran avance de la frontera agropecuaria debido a la expansión de las tierras de cultivo de soja transgénica entre otros alimentos también transgénicos como pueden ser el maíz, trigo o algodón.

Estos cultivos transgénicos requieren una gran cantidad de productos químicos y crea una dependencia económica y tecnológica para los habitantes de la región que sólo las grandes multinacionales pueden cubrir. Además de esto el hecho de utilizar gran cantidad de productos químicos, para asegurar el correcto crecimiento de los cultivos transgénicos, hace que todo el ecosistema quede afectado negativamente, contaminado así grandes extensiones de tierra, dejando inservibles acuíferos naturales y alterando otras explotaciones agrícolas.

Hoy en día Santiago del Estero aún sufre la herencia de las varias dictaduras que azotaron Argentina durante gran parte del siglo XIX. Esto se traduce en un sistema político con estructuras y comportamientos propios de épocas coloniales, un organigrama judicial clientelista de las grandes industrias del sector agropecuario y un cuerpo policial más de digno de una dictadura militar que da cobijo a torturadores y represores, que de una democracia.

5. Movimiento Campesino de Santiago del Estero – MOCASE.

A lo largo de toda la historia de la región de Santiago del Estero y principalmente durante las décadas de los sesenta, setenta y ochenta fueron varias las familias que se organizaron en forma de comisiones para poder así, defenderse mejor de las amenazas de desalojo por parte de las empresas multinacionales que volvían a mostrar interés en las tierras que abandonaron tiempo atrás cuando la explotación forestal les dejó de resultar rentable económicamente, el gobierno volvía a ponerse a favor de las grandes multinacionales y en contra de los derechos de los “campesinos”.

Esto propicio la formación de organizaciones con el único propósito de luchar para evitar los desalojos de las familias. Estas organizaciones estaban formadas por familias próximas geográficamente entre ellas, estas organizaciones fueron denominadas *Comisiones vecinales* y de cada Comisión vecinal se escogía un representante o delegado para que formara parte de la organización de zona conocida como *Comisiones unidas*.

De manera paralela a estas organizaciones y con un objetivo distinto se formaron otras organizaciones para tratar sobre temas como la producción y la comercialización de las explotaciones agropecuarias de las familias. La manera de funcionar de las organizaciones siempre era la misma, *Comisiones vecinales* de las cuales se escogía un representante o delegado para formar parte de la *Comisión unida*.

De esta forma se crearon organizaciones como por ejemplo:

- Suncho del Triunfo, organización nacida del primer antecedente de lucha campesina.
- Cooperativa Agropecuaria “Unión Campesina”.
- Unión de Pequeños Productores del Salado Norte (UPPSAN) (1988).
- Comisiones Campesinas de Pequeños Productores “Ashpa Sumaj (7)” (CCPPAS) (1989).
- Comisiones Unidas de Pequeños Productores de Figueroa (CUPPAF) (1990).
- Delegados Unidos de Figueroa Norte de Once Comisiones (DUFINOC) (1993).
- Organización Campesina de Copo, Alberdi y Pellegrini (OCCAP).
- Cooperativa de Pequeños Productores Alfareros y Cabriteros (CAPPAC).

Lo que empezó siendo la unión de varias familias para poder plantar cara a las multinacionales, acabaría siendo el principio de lo que hoy en día se conoce como el Movimiento Campesino de Santiago del Estero – MOCASE.

En 1989 varios representantes de las organizaciones que se habían formado con anterioridad se reunieron en Los Jurés (Santiago del Estero), a esa primera reunión le siguieron varias otras en diferentes localidades y finalmente el 4 de agosto de 1990 en Quimilí se constituía el Movimiento Campesino de Santiago del Estero – MOCASE, con dos representantes de cada organización. Según el acta fundacional, el objetivo del MOCASE es:

“(…) buscar soluciones a problemas comunes, ser representantes de los campesinos ante las autoridades, apoyar las peticiones de cada una de las organizaciones que lo integran respetando su autonomía, promover la capacitación en cooperativismo y gremialismo, y mejorar la calidad de vida de los pequeños productores”²

² Acta fundacional del MOCASE, 4 de Agosto de 1990

El Movimiento Campesino de Santiago del Estero (MOCASE)³ – Vía Campesina está formado por más de 9.000 familias campesinas y desde su origen como formación organizada se ha visto obligado en reiteradas ocasiones a hacer frente a todo tipo de fustigaciones por parte de los tres poderes del Estado Provincial (judicial, ejecutivo y legislativo).

El MOCASE se reparte por toda la provincia de Santiago del Estero pero es en los Tribunales de la capital, Monte Quemado y Añatuya donde hace frente a centenares de liturgias de compañeros y compañeras, ya sean como denunciantes o denunciados.

Los delitos que se les imputa son sistemáticamente los mismos y van desde usurpación de la propiedad privada hasta resistencia a la autoridad pasando por amenazas, desobediencia judicial, daños y hurto forestal. Estos procesos son cada vez más largos y costosos para la gente del MOCASE – Vía Campesina y tienen la finalidad de desprestigiar los trabajos y logros conseguidos hasta la fecha y demostrar que el MOCASE – Vía Campesina no es más que una organización creada por delincuentes con el objetivo claro de delinquir.

³ Informe Situación de los derechos humanos en el Noroeste argentino en 2008.

6. La Energía

5.1. Introducción a la energía.

El término Energía tiene diferentes acepciones, éstas dependen de la ciencia que la estudie en cada momento. Desde el punto de vista de la Energía como fuente de recurso natural, que es el que nos ocupa, la Energía es una fuente de recursos naturales así como toda la tecnología necesaria para su extracción y explotación para que podemos aprovecharla y conseguir un uso industrial y un beneficio económico. En muchas ocasiones la Energía no es un bien final con el que conseguir un beneficio sino que es usada como fin intermedio para conseguir un beneficio final ya sea en forma de producto o de servicio.

Las fuentes de recursos naturales de la cual podemos extraer la Energía se clasifican en dos grandes grupos, Energías Renovables y Energías No Renovables.

5.2. Unidad de medida de la Energía

Según el Sistema Internacional (SI) es el Julio (J) pero, este apenas se usa ya que un Julio (J) es una unidad de medida demasiado pequeña y no es práctica, por ejemplo, 1 Julio (J) equivale a 1 Wattio-segundo (W-s).

La unidad de Energía más usada internacionalmente es Wattios-hora (W-h), lo que significa que tenemos un consumo de una potencia (Wattios) determinada durante un tiempo (hora) determinado.

Energía (potencia por tiempo)	Equivalencia	Uso de la unidad
1 Wattio-segundo (W-s)	1 Julio	No tiene un uso habitual
1.000 Wattios-hora	1 kiloWattio-hora (kW-h)	Uso consumo en hogares
1.000.000 Wattios-hora	1 MegaWattio-hora (MW-h)	Uso consumo en fabricas
1.000.000.000 Wattios-hora	1 GigaWattio-hora (GW-h)	Uso en la generación de centrales
1.000.000.000.000 Wattios-hora	1 TeraWattio-hora (TW-h)	Uso en la generación de centrales

Tabla 1. Equivalencias unidades de Energía

5.3. Energías No Renovables.

Las Energías No Renovables, son todas aquellas energías cuyas fuentes de recursos provienen de la naturaleza pero son limitadas en cantidad y tecnología.

Son limitadas en cantidad porque una vez se han consumido las fuentes de recursos en su totalidad estas se agotan sin que puedan llegar a regenerarse mediante un proceso natural o un proceso creado por el hombre. La tecnología vigente en el momento de la explotación de la fuente también tiene un papel fundamental ya que limita la cantidad de recursos naturales que se extraen de ella.

Dentro de las principales Energías No Renovables que existen hoy en día podemos distinguir dos grupos dependiendo del tipo de fuente de recursos de la que se extrae la Energía.

Por un lado tenemos las Energías No Renovables Fósiles, estas energías provienen de los restos de bosques frondosos, animales muertos y todo tipo de materia orgánica. Estos restos orgánicos fueron depositados bajo grandes capas de tierra y durante millones de años han sufrido enormes presiones y temperaturas y mediante procesos químicos provocados por microorganismos han dado lugar a los Combustibles Fósiles como el Carbón, Petróleo y el Gas Natural.

El Carbón proviene principalmente de sedimentos de materia vegetal de hace millones de años, el Petróleo y el Gas Natural provienen de sedimentos marinos o de grandes lagos de hace millones de años, estos combustibles van asociados ya que el proceso químico da como resultado principal el Gas Natural (Metano) y como residuo del proceso el Petróleo.

La Energía No Renovable fósil ha permitido un gran avance en la historia de la humanidad pero, son fuentes de Energía que han tardado millones de años en crearse y son consumidas en tan sólo minutos. Si seguimos el ritmo actual de consumo de petróleo de 3.500 millones de toneladas/año y con unas reservas estimadas de 142.750 millones de toneladas de Petróleo, este se agotará en aproximadamente 40 años. Con el Gas Natural sucede lo mismo, si seguimos con el actual consumo de Gas Natural y con las estimadas de $140 \cdot 10^{12}$ metros cúbicos, el Gas Natural se agotará aproximadamente en 70 años.

Las Energías No Renovables Fósiles son las causantes de grandes conflictos geopolíticos ya que se cree que cerca del 65'5% de las reservas mundiales de petróleo se encuentran en los Países del Golfo Pérsico o Árabe. Los combustibles fósiles también son la fuente de grandes emisiones de gases de efecto invernadero, estos gases son los causantes del aumento de la temperatura de la Tierra y de la contaminación del aire que respiramos.

Por otro lado tenemos las Energías No Renovables Nucleares o Atómicas, las fuentes de recursos más utilizadas son el Uranio y el Plutonio. Las Energías No Renovables Nucleares permiten disponer de una gran cantidad de Energía y de una producción continua de esta y no emiten gases de efecto invernadero pero por el contrario los recursos que se utilizan para su funcionamiento son limitados y una vez se han utilizado para la producción de la Energía son altamente contaminantes durante miles de años y la falta de inversión y precariedad de algunas centrales nucleares han sido la causa de algunas de los mayores catástrofes nucleares de la historia, como por ejemplo:

- 1986, Chernóbil (Ucrania) magnitud 7 según la escala INES¹.
- 1987, Accidente radiológico de Goiania (Brasil) magnitud 5 según la escala INES¹.
- 1999, Tokaimura (Japón), magnitud 4 según la escala INES¹.
- 2011, Fukushima (Japón), magnitud 7 según la escala INES¹.

¹ International Nuclear Event Scale (Escala Internacional de Eventos Nucleares)

5.4. Energías Renovables.

Las Energías Renovables, son todas las energías que provienen de una fuente de recursos naturales inagotable. Se considera que la fuente de recursos naturales es inagotable cuanto los recursos son regenerados mediante procesos naturales sin que el hombre intervenga o la fuente de recursos naturales posee una inmensa cantidad de recursos naturales, como por ejemplo el Sol.

Dentro de las Energías Renovables también existen dos grupos. Por un lado tenemos las Energías Renovables No Contaminantes o Limpias y por otro las Energías Renovables Contaminantes. La principal diferencia entre las Energías Renovables No Contaminantes o limpias y las Energías Renovables Contaminantes, es que las primeras no generan un residuo final una vez terminado el proceso de extracción de la energía de los recursos naturales y por el contrario las Energías Renovables Contaminantes sí que generan residuo al finalizar el proceso de extracción de la Energía.

Cuando hablamos de Energías Renovables No Contaminantes o Limpias tenemos tres grandes grupos de fuentes de recursos naturales, éstos son:

- El Sol, Energía Solar.
- El viento, Energía Eólica.
- El agua, Energía Hidráulica.

Por otro lado, se consideran Energías Renovables Contaminantes todas aquellas energías que provienen de una fuente de recursos naturales las cuales deben ser incineradas o procesadas durante el ciclo de extracción para poder así aprovechar su alto poder calorífico para la extracción de la energía y esto genera un residuo sólido o gases de efecto invernadero. Dentro de este subgrupo encontramos Energías No Renovables procedentes de la quema de la Biomasa. Se consideran fuentes de recursos naturales limitadas y el proceso de quema de estos recursos naturales para la generación de energía puede provocar grandes cantidades de Dióxido de Carbono, principal causante del efecto invernadero.

6. Energía Solar Térmica.

La Energía Solar, es el término que usamos cuando nos referimos a aquella energía que es generada aprovechando los rayos solares que inciden sobre la faz de la Tierra y que mediante diferentes procesos tecnológicos de generación obtenemos energía eléctrica o calor.

Los procesos para obtener Energía Eléctrica o Calor no tienen nada que ver entre sí. Mediante Módulos Fotovoltaicos podemos obtener Energía Eléctrica, y el Calor, mediante Captadores Térmicos.

En esta unidad se van a explicar conocimientos fundamentales sobre la Energía Solar Térmica para la obtención de **Agua Caliente Sanitaria** (para su uso doméstico en lavabos y cocinas) y para la obtención de calor para realizar la calefacción de una vivienda o estancia.

6.1. Fuente de Energía: El Sol.

La Tierra se encuentra dentro del Sistema Solar y el Sol es la única estrella que hay dentro del Sistema Solar.

Se estima que el Sol tiene una edad de unos 4.650 millones de años y que se extinguirá aproximadamente dentro de unos 5.000 millones de años, es decir el Sol se encuentre más o menos en la mitad de su vida que es de unos 10.000 millones de años. Cuando el Sol llegue al final de su vida, la vida en la Tierra tal y como la conocemos también se extinguirá.

La temperatura en la superficie del Sol es de unos 6000 °C y en su interior de 15 millones °C, mientras que la temperatura exterior de la Tierra ronda entre los 10°C y los 20°C y la interior los 5000°C.

El Sol tiene un diámetro aproximado de 1.390.000 kilómetros y la Tierra de 12.756 kilómetros. La distancia entre el Sol y la Tierra es de unos 149 millones de kilómetros. Para poder hacernos una idea más exacta podemos disminuir la escala a un tamaño más adecuado para nosotros, para ello nos podemos imaginar que el Sol es una esfera aproximadamente de unos 1,49 metros de diámetro y que la Tierra es otra esfera de 1,2 centímetros de diámetro. Utilizando esta misma escala de proporciones la distancia entre el Sol y la Tierra es 149 metros o lo que es lo mismo un campo de fútbol entero más la mitad de otro.

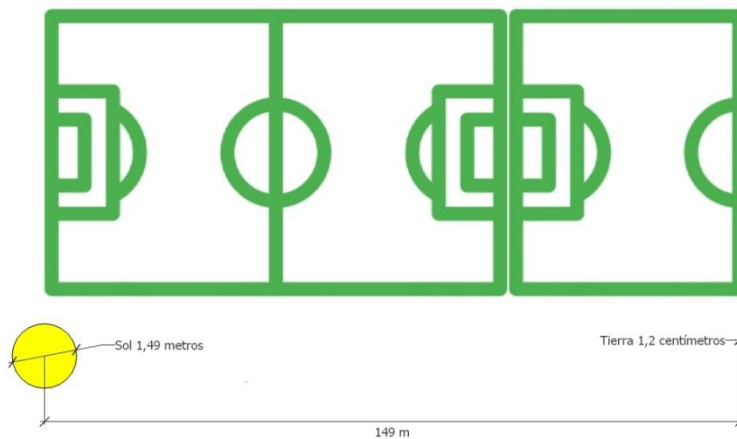


Ilustración 2. Comparativa a escala entre la Tierra y el Sol.

6.2. Radiación Solar.

El Sol es una fuente continua de Radiación Solar, esta radiación produce luz y calor que llegan a la Tierra en forma de Ondas Electromagnéticas o lo que es lo mismo “Rayos Solares”, que es como se les llama comúnmente.

La Radiación Solar se mide en W/m^2 , Wattios/metros².

Los “Rayos Solares” emitidos por el Sol llegan a la Tierra propagándose a través del espacio sin casi alterarse. Las ondas de los “Rayos Solares” son más enérgicas cerca del Sol y van perdiendo energía conforme va alejándose de la fuente de emisión, es decir, el Sol.

Para poder entender mejor el fenómeno de los “Rayos Solares”, nos podemos imaginar que lanzamos una piedra a un lago. Cuando la piedra cae al agua crea unas ondas en el agua que se van extendiendo a lo largo del lago, estas ondas nacen del mismo punto donde la piedra ha entrado al agua y son más pequeñas y energéticas cerca de ese punto y conforme se alejan van agrandándose y van perdiendo energía.

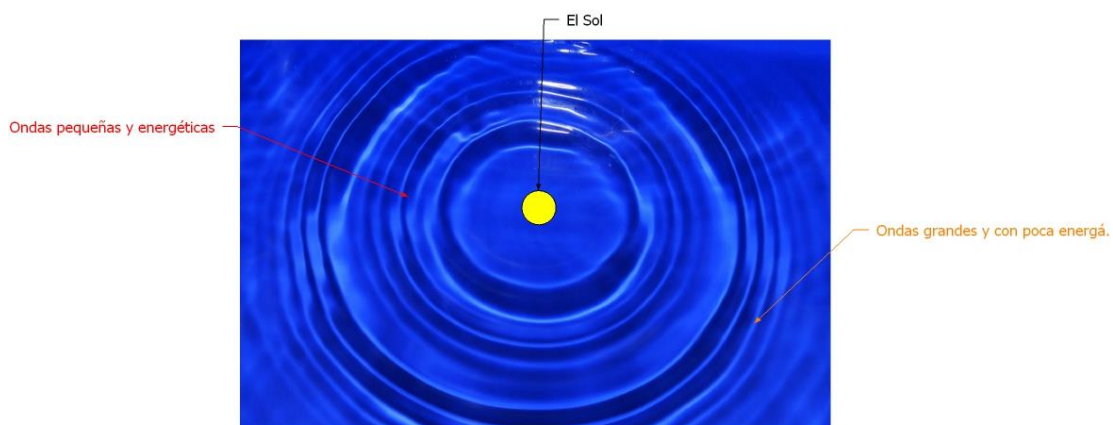


Ilustración 3. Ejemplo fuerza ondas solares.

La vida en la Tierra es posible gracias a la Atmósfera Terrestre. La Atmósfera Terrestre absorbe gran parte de la Radiación Solar que no es beneficiosa para la vida en la Tierra. La Radiación Solar que llega a la Atmósfera Terrestre es llamada Radiación Solar Global y una vez la Radiación Solar atraviesa la Atmósfera Terrestre podemos diferenciar tres tipos de Radiación Solar que llega a la Tierra:

- **Radiación Solar Directa:** es toda la Radiación Solar que llega al colector y proviene directamente del Sol sin apenas sufrir cambios cuando atraviesa la atmósfera terrestre. La Radiación Solar Directa es la que más nos interesa para la generación de Energía Solar ya que es la que más energía contiene.
- **Radiación Solar Difusa:** es la Radiación Solar que llega al colector a través de la atmósfera terrestre y es desviada al chocar con las partículas flotantes de la atmósfera terrestre. En los días soleados la Radiación solar Difusa es más baja que en los días más nublados.
- **Radiación Solar Reflejada:** es la Radiación Solar que tras llegar a la Tierra rebota en cualquier superficie y entonces llega al colector. Este tipo de Radiación Solar es el que menos energía tiene.

Como podemos deducir la Radiación Solar Global es la suma de las Radiaciones Solares directa, Difusa y Reflejada.

Se estima que la Radiación Solar Global que llega a la Tierra es de 1340 W/m^2 y una vez atraviesa la Atmósfera Solar puede variar entre 900 W/m^2 en un día claro y 300 W/m^2 en un día nublado

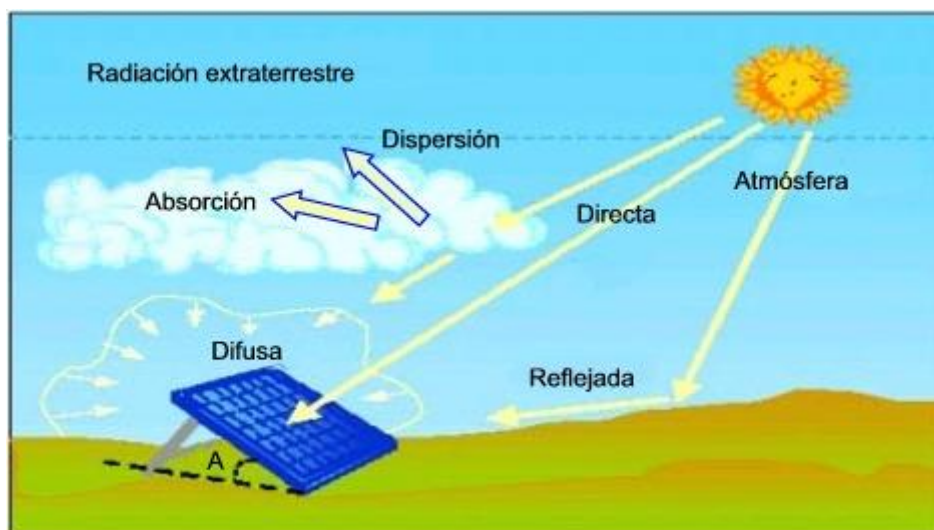


Ilustración 4. Radiación Solar.

6.3. Radiación Solar: la Luz Solar y el Color.

6.3.1. La Luz Solar.

No toda la Radiación Solar que recibe la Tierra es visible para los ojos humanos. Este tipo de Radiación Solar visible es llamada Luz Solar Blanca Visible.

La Luz Blanca Solar Visible es la suma del Rojo, Amarillo, Verde, Azul y Violetas. La Luz Solar formada por los Rayos Infra-rojos no es visible para el ojo humano al igual que la Luz Solar formada por los Rayos Ultra-Violetas que tampoco es visible para el ojo humano ya que nos dañaría la vista.

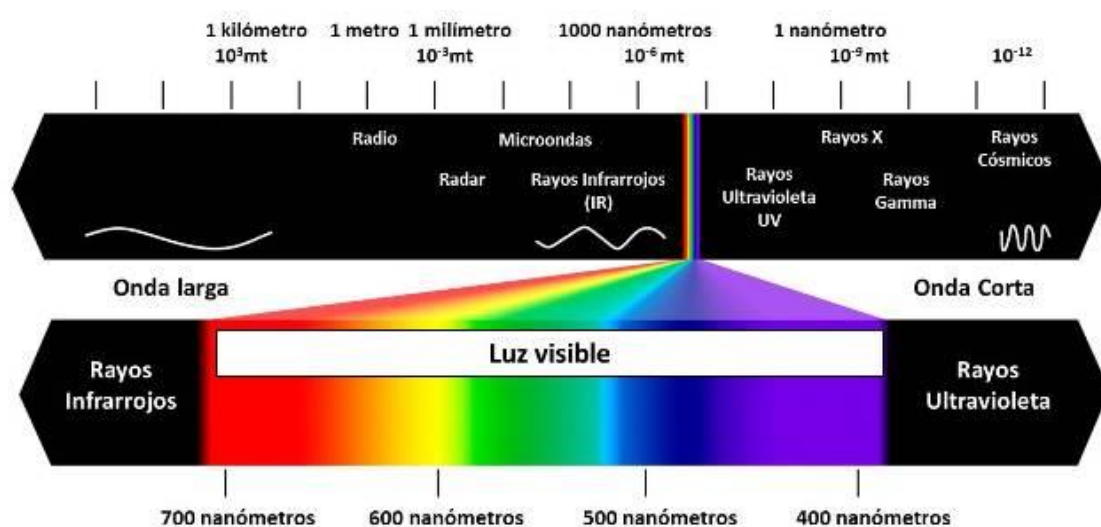


Ilustración 5. Descomposición de la Luz solar Blanca.

Cuando la Luz Blanca Solar impacta sobre un objeto se pueden dar tres fenómenos distintos según las características de los materiales que compongan el objeto. Según el material la Luz Blanca Solar pueden darse tres fenómenos distintos Absorción, Reflexión o Transmisión.

Absorción: esto ocurre cuando la Luz Solar Blanca incide sobre materiales que absorben los Rayos de la Luz, como por ejemplo materiales opacos.

Reflexión: este fenómeno ocurre cuando los Rayos Solares impactan sobre un material brillante o pulido. Dependiendo del grado de pulidez del material podemos distinguir tres tipos diferentes de reflexión, como son:

- Reflexión Directa: superficies muy pulidas.
- Reflexión Semi-difusa: superficies muy finas pero que no han sido pulidas.
- Reflexión Difusa: superficies totalmente rugosas.

Transmisión: este fenómeno ocurre cuando los Rayos Solares impactan sobre un material transparente o translúcido, este tipo de materiales dejan pasar casi toda la Luz Solar que incide sobre ellos.

Estos tres fenómenos no se dan nunca por separado en un mismo material, sino que ocurre una combinación de los tres para una misma superficie, y son de gran importancia para el aprovechamiento de la Radiación Solar para la generación de la Energía Solar Térmica.

6.3.2. El Color.

El color de un material es la característica de ese material para reflejar la Luz Blanca Visible que impacta sobre él, es decir, el color de los materiales no es más que el rango de Radiación Solar que el material es capaz de reflejar.

Como ya hemos visto, la Luz Blanca Visible está compuesta por diferentes rangos de colores, desde el rojo al violeta pasando por el amarillo, verde y azul.

Vemos que un material es de color azul porque absorbe todos los rangos de colores y refleja el azul. Al igual pasa con el resto de rangos de colores que forman la Luz Blanca Visible. No ocurre lo mismo con los materiales negros o blancos.

Los materiales blancos tienen la capacidad de reflejar todos los rangos de colores que forman la Luz Blanca Visible y no absorber ninguno, por lo contrario los materiales negros actúan completamente al revés, son capaces de absorber todos los rangos de colores que forman la Luz Blanca Visible y no reflejar ninguno, podemos decir que el color negro no es un color en sí, sino que es la ausencia de color.

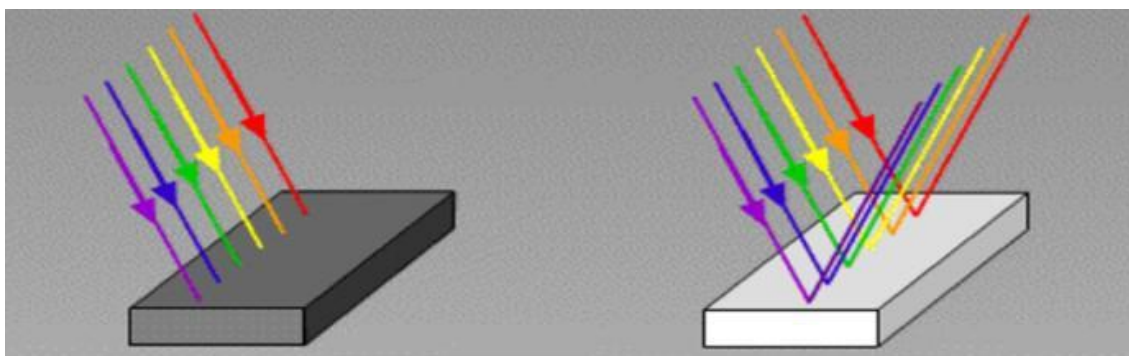


Ilustración 6. Luz solar impactando en objeto negro y blanco.

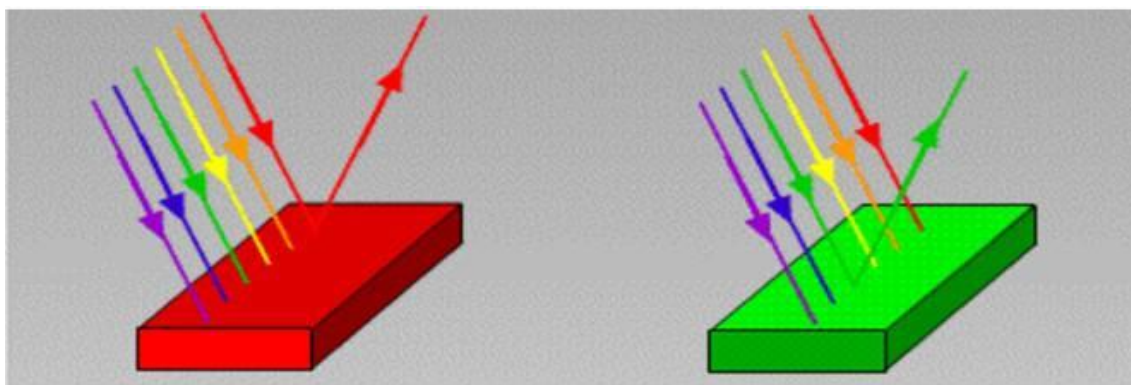


Ilustración 7. Luz solar impactando en objeto rojo y verde.

Los materiales negros son de gran utilidad para la generación de Energía Solar Térmica, ya que absorben la mayoría de los Rayos Solares que inciden sobre ellos, esto provoca que acumulen una gran cantidad de la energía proveniente de los rayos, aumentando así su calor y por lo tanto también su temperatura.

6.4. Radiación Solar: el Calor.

Una de las causas de que la Radiación Solar impacte sobre la Tierra o cualquier otro cuerpo, es que, cuando los Rayos Solares impactan sobre ellos transmiten parte de la Energía que transportan en forma de Calor y esto provoca un aumento de la temperatura del cuerpo que recibe el impacto de los Rayos Solares.

No debemos confundir Calor y Temperatura. El Calor es la energía que intercambian entre si dos cuerpos que se encuentran a Temperaturas diferentes. El cuerpo que se encuentra a más temperatura cede calor al cuerpo de menos temperatura. Si un cuerpo aumenta su temperatura es por que recibe calor de otro cuerpo a más temperatura, por lo contrario, si un cuerpo disminuye su temperatura es porque cede calor a otro cuerpo que se encuentra a menos temperatura.

Podes saber la temperatura que cede el cuerpo caliente al cuerpo frio utilizando la Ley de Fourier para la Transmisión de Calor entre dos cuerpos a diferente temperatura.

$$\text{Ley de Fourier} \rightarrow H = K \cdot \text{Área} \left(\frac{T_{\text{caliente}} - T_{\text{fria}}}{\text{Longitud}} \right)$$

- **K:** es una constante que depende del material que este transmitiendo el calor entre los cuerpos.
- **Área:** es el área de contacto entre los materiales.
- **Temperatura caliente (T_{caliente})** : es la temperatura a la que se encuentre el cuerpo más caliente.
- **Temperatura fria (T_{fria})** : es la temperatura a la que se encuentre el cuerpo más frio.
- **Longitud:** es la distancia que separa a los dos cuerpos que intercambian calor o un en el espacio el cual nos interesa saber a qué temperatura se encuentra.

La transmisión de calor entre dos cuerpos puede realizarse de tres formas diferentes, la transmisión de calor es siempre una combinación de las tres en mayor o menor medida.

6.4.1. Transmisión del Calor por Convección.

La Transmisión de Calor por Convección se produce cuando un cuerpo transmite calor a un líquido o gas que está a menos temperatura que el primero.

Para poder seguir con la explicación, debemos saber que los líquidos o gases fríos pesan más que los líquidos o gases calientes. Este fenómeno provoca un movimiento no forzado del líquido, ya que las partículas frías tenderán a bajar provocando que las partículas más calientes suban hacia la superficie.

Para entenderlo mejor, vamos a explicarlo con un ejemplo. Imaginémonos que calentamos agua en una olla, en este caso el cuerpo que está a más temperatura es el fuego y este cede calor al agua que hay dentro de la olla.

De toda el agua que hay dentro de la olla la primera en calentarse y aumentar su temperatura y volverse más ligera es la que está más abajo en la olla, por lo contrario el agua que está más cerca de la superficie se encuentra a menos temperatura y por ese motivo es más pesada que la caliente y desciende hasta colocarse debajo de todo de la olla provocando que el agua más caliente suba hasta la superficie. Una vez que el agua caliente se encuentra en la superficie cede calor al ambiente hasta que se enfría lo suficiente para volver a descender, provocando que el agua caliente que se encuentre en el fondo de la olla vuelva a subir hacia la superficie. Aunque este ciclo no sea percibido por el hombre, provoca un movimiento cíclico dentro de la olla.

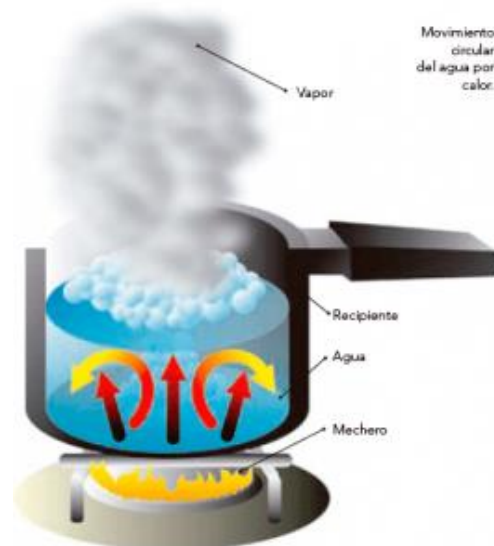


Ilustración 8. Transmisión de Calor por Convección.

Dentro de la Transmisión de Calor por Convección, podemos diferenciar la Convección Natural y la Convección Forzada.

La Convección Natural es la que se produce dentro de la olla del ejemplo, es decir no interviene ningún agente exterior en el proceso.

En la Convección Forzada intervienen agentes exteriores en el proceso, en el momento en que los líquidos más calientes suben a la superficie y cede calor al ambiente, hay un agente externo del proceso que ayuda a este intercambio de calor entre el líquido y el ambiente.

Un ejemplo sencillo de la Transmisión de Calor por Convección Forzada es el de una persona comiendo sopa con una cuchara, si la sopa está demasiado caliente como para comérsela la persona soplara la cuchara con sopa para que la sopa se enfríe más rápidamente. Al soplar hacemos que el intercambio de calor entre la sopa y el ambiente sea más rápido ya que forzamos a que el aire que está en contacto con la sopa se renueve más rápidamente.

6.4.2. Transmisión del Calor por Conducción.

La Transmisión de Calor por Conducción se produce cuando el calor se propaga a través del cuerpo del objeto que queremos calentar, el calor recorre todo el cuerpo del objeto hasta que este se encuentre todo a la misma temperatura.

Un ejemplo muy claro de la Transmisión del Calor por Conducción es si calentamos una barra de hierro. Si sujetamos con la mano un extremo de la barra y colocamos en otro extremo sobre un fuego, al poco rato notaremos como el extremo que estamos sujetando va aumentando de temperatura. Esto es debido a que el calor recorre toda la barra y provoca un aumento de temperatura.

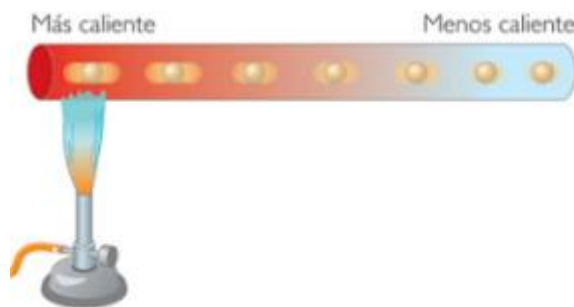


Ilustración 9. Transmisión de Calor por Conducción.

6.4.3. Transmisión del Calor por Radiación.

La Transmisión de Calor por Radiación se produce cuando un cuerpo caliente emite calor en forma de ondas y estas son interceptadas por otro cuerpo que se encuentra a menor temperatura.

Un ejemplo muy claro de la Transmisión de Calor por Radiación es el del Sol y la Tierra. El Sol es la fuente emisora de calor en forma de ondas electromagnéticas y la Tierra es el receptor de este calor, cuando la Tierra recibe las ondas aumenta su temperatura.

Otro ejemplo claro es cuando se enciende un fuego para calentarnos, el fuego calienta el ambiente y nos calienta a nosotros aunque no toquemos directamente las llamas con nuestro cuerpo, esto es debido a que el fuego desprende gran cantidad de calor en forma de radiación.



Ilustración 10. Transmisión de Calor por Radiación.

Como veremos más adelante para una instalación de Energía Solar Térmica necesitamos usar los tres tipos de Transmisión de Calor.

6.5. Aislamiento.

El aislamiento de un habitáculo es importante para poder evitar el intercambio de calor entre dos objetos que se encuentren a temperaturas diferentes.

El aislamiento nos ayuda a mantener la temperatura interna de un objeto sin necesidad de aplicarle continuamente un proceso externo para mantenerlo a una temperatura en concreto.

Podemos encontrar aislantes en la naturaleza que nos ayudaran a evitar posibles transmisiones de calor de nuestro habitáculo y así aumentar significativamente su eficiencia energética. Un habitáculo mal aislado puede conllevar tener unas pérdidas de calor que no permitan el uso para el cual está destinado el habitáculo o provoque un gran coste energético para el correcto funcionamiento.

El mejor aislante que podemos encontramos en la naturaleza debería ser el aire, pero decimos debería por que teóricamente el aire tiene una densidad muy baja y por lo tanto es un gran aislante térmico ya que no es un buen transmisor de calor, pero por lo contrario es un fluido con mucha movilidad y esto provoca que el aire en grandes volúmenes sea un gran transmisor de calor mediante la Transmisión de Calor por Convección y que su eficiencia como aislante térmico se vea disminuida.

Para evitar este efecto y aprovechar las cualidades aislantes que nos ofrece el aire de forma natural debemos encerrar el aire en pequeñas cavidades de forma que no pueda moverse y evitar así la Transmisión de Calor por Convección.

Tanto si es un aislante natural o un aislante fabricado por el hombre, ambos parten de este concepto, un buen aislante será el que sea capaz de tener en su interior pequeñas cavidades de aire de tal manera que no puedan transmitirse calor entre ellas.

La tecnología actual ha facilitado la creación de materiales sintéticos que tienen grandes propiedades para su uso como aislantes térmico pero no son nada más que copias de los aislantes naturales.

Los aislantes naturales han sido utilizados por la humanidad durante siglos. Algunos de los aislantes naturales más utilizados son:

- Paja prensada.
- Mezcla de paja con barro o arcilla.
- Restos de lana de oveja prensada.
- Corcho.
- Cascaras de trigo prensada.
- Cáñamo prensado.
- Papel de periódico prensado.

Este tipo de aislantes funcionan muy bien para evitar pérdidas de calor por Convección pero no son eficaces a la hora de evitar pérdidas de calor por Radiación. Para evitar que se produzcan pérdidas de Calor por Radiación podemos utilizar un material reflector, los materiales reflectantes no dejan que los Rayos Solares penetren en el objeto por esos son buenos aislantes de las pérdidas por Radiación.

Para el caso que nos ocupa en esta lección un buen aislante será el material que sea capaz de tener las propiedades necesarias para evitar las pérdidas por Convección y Radiación.

6.6. Efecto Invernadero.

El Efecto Invernadero consiste básicamente en encerrar los Rayos Solares que llegan a la Tierra dentro de un habitáculo, de esta manera se produce un aumento de la temperatura dentro del habitáculo.

Los Rayos Solares entran al habitáculo a través de una superficie transparente o translúcida, como por ejemplo un cristal o plástico, que permite la Transmisión de los Rayos Solares al interior del habitáculo, una vez dentro los Rayos solares rebotan sobre las superficies del interior del habitáculo, esto provocará un aumento de la temperatura del interior del habitáculo.

Para mejorar la eficiencia del habitáculo intentaremos que todos los objetos del interior sean de color negro oscuro, ya que como hemos visto anteriormente, el color negro absorbe los Rayos Solar que impactan sobre el provocando que aumente su temperatura rápidamente. Otro aspecto a tener en cuenta para aumentar la eficiencia del habitáculo es el nivel de aislamiento de las paredes que forman el habitáculo, nos interesa trabajar con materiales con gran poder de aislamiento de la temperatura.

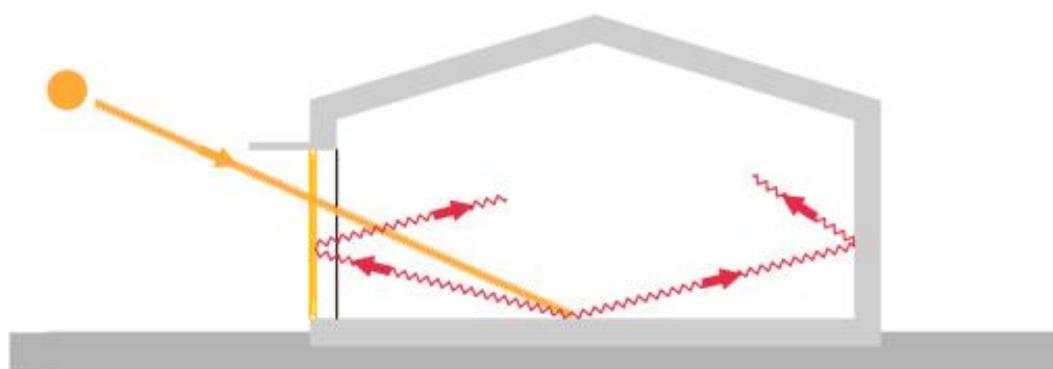


Ilustración 11. Efecto invernadero.

6.7. Posición respecto al Sol: Inclinación, Orientación y Situación:

La posición del captador solar debe encararse hacia los Rayos Solares de manera que los rayos impacten sobre los captadores los más perpendiculares posible, esto es de vital importancia para potenciar el funcionamiento y eficacia de la instalación.

6.7.1. Inclinación.

La inclinación de los captadores solares es un punto importante de tener en cuenta, una inclinación inadecuada puede hacer disminuir la eficiencia del captador haciendo que la instalación no dé el máximo rendimiento posible.

Para el ángulo de inclinación de los captadores siempre se toma como referencia la horizontal, es decir, el suelo.

Para determinar la inclinación de un captador de Energía Solar Térmica hay que realizar algunos cálculos un tanto complicados pero, una manera de determinar la inclinación de los captadores sin tener que realizar cálculos complejos es la utilización de la Latitud de la instalación

USO	INCLINACIÓN	SANTIAGO DEL ESTERO
Anual	Latitud	27°
Verano	Latitud - 10°	17°
Invierno	Latitud + 10°	37°

Ilustración 12. Inclinación Captadores Solares para Agua Solar Sanitaria.

6.7.2. Orientación.

La Orientación es un aspecto muy importante en una instalación solar, una mala orientación del captador solar respecto al sol puede anular completamente la instalación o reducir su eficiencia al mínimo.

Para evitar que nuestra instalación quede prácticamente inservible sólo es necesario orientar el captador hacia el Sol.

Si nos encontramos en el hemisferio Norte de la Tierra orientaremos el captador hacia el Sud, por lo contrario, si nos encontramos en el hemisferio Sud enfocaremos el captador hacia el Norte.

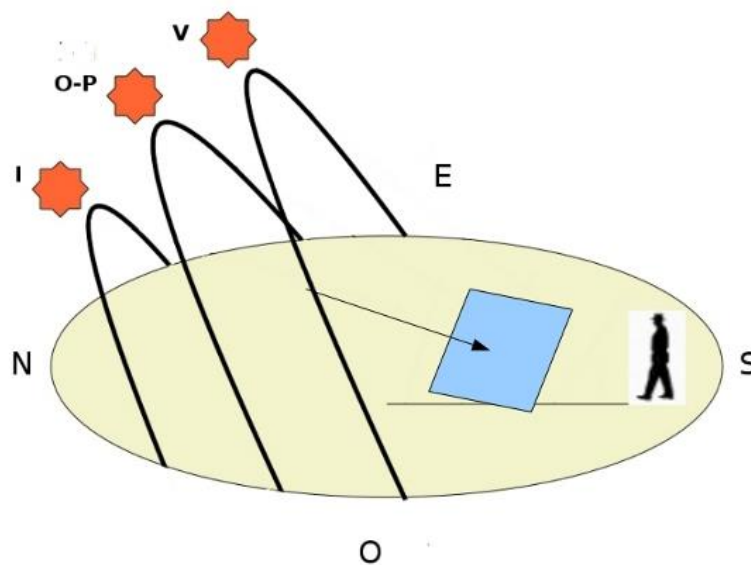


Ilustración 13. Posición del Sol respecto al hemisferio Sur.

6.7.3. Situación.

En el momento de situar el captador de los rayos solares debemos tener en cuenta de que no le alcance ninguna sombra durante las horas de sol, si esto sucediera la eficiencia de nuestra instalación disminuiría de manera notable.

En este caso debemos distinguir si el captador va a estar fijo, como por ejemplo un captador de una Instalación Solar Térmica para la obtención de Agua Caliente Sanitaria, o por lo contrario será un captador móvil, como puede ser un Horno Solar.

Para los captadores solares fijos, debemos priorizar la instalación de los captadores en lugares elevados o despejados de elementos que puedan provocar sombras encima del captador.

Por lo que se refiere a los captadores móviles también debemos priorizar el situarlo en un lugar donde las sombras no puedan alcanzar el captador pero con la tranquilidad de que si una sombra está bloqueando la llegada de los rayos solares al captador, podemos moverlo a otro lugar donde no haya sombras en ese instante.

6.8. La tecnología actual.

Hoy en día con la Energía Solar Térmica se está generando suficiente energía como para abastecer 15.000 viviendas con una única central Solar Térmica. Las Centrales Termo-Solares son grandes extensiones de captadores solares que concentran toda la radiación solar que impacta sobre ellos en un solo punto, de esta manera la temperatura en ese punto en común llega a temperaturas de hasta 900°C.



Ilustración 14. Planta de energía Termo-Solar en Andalucía.

Los captadores solares van siguiendo la trayectoria que describe el Sol durante las horas de luz solar y concentrando todos los rayos solares en un solo punto. Un fallo en el punto de concentración de todos los rayos solares puede provocar grandes catástrofes en el caso que la central este ubicada en una zona con montañas próximas a la central, para evitar estos problemas las centrales Termo-Solares se ubican en grandes llanuras o en desiertos.

6.9. Práctica 1: Construcción de un Horno Solar 30-60.

A continuación se explicaran los pasos a seguir para la construcción de un Horno Solar 30-60, se le llama Horno Solar 30-60 porque son los grados con los que se puede inclinar la entrada de los Rayos Solares, en este caso el captador.

Se usara la inclinación de 60° cuando el Sol este más inclinado en el horizonte, para el amanecer, atardecer y los días de invierno.

Se usara la inclinación de 30 °cuando el Sol se encuentre a mayor altura respecto el horizonte, para el mediodía y los días de verano.

Posición del Sol	Inclinación del Horno Solar
Amanecer	60°
Mediodía	30°
Atardecer	60°
Invierno	30°
Verano	60°

Ilustración 15. Grados de inclinación del Horno Solar 30-60.

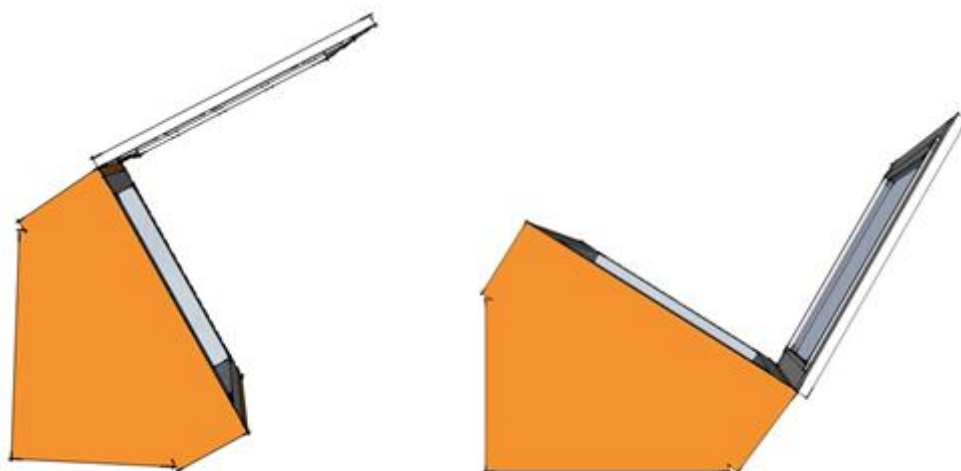


Ilustración 16. Horno Solar inclinación 30°.

Es importante tener claro que el Horno Solar 30-60 que se muestra a continuación es sólo una muestra de los centenares de modelos de Hornos Solares que existen.

Sólo se pretende que los conceptos para su construcción queden lo más claro posible y que cada persona pueda construir su propio Horno Solar.

6.9.1. Material para un Horno Solar 30-60.

A continuación se indican los materiales necesarios para la construcción de un Horno Solar 30-60.

- Dos tableros de madera de unos 10mm de grosor:
 - Tablero A, de 1 metro por 1 metro, [1x1] m.
 - Tablero B, de 2 metros por 1 metro, [2x1] m.
- Tres listones de madera de diferente grosor:
 - Listón A, de 2'5 metros de largo y 40 milímetros por 40 milímetros de grosor.
 - Listón B, de 2'5 metros de largo y 40 milímetros por 20 milímetros de grosor.
 - Listón C, de 4 metros de largo por 10 milímetros por 10 milímetros.
- Aislante térmico disponible, en este caso se usaran cajas de cartón.
- Un vidrio o plástico transparente de 42 centímetros por 50 centímetros.
- Un rollo de papel de aluminio, el usado en la cocina sirve perfectamente.
- Dos bisagras para la puerta del Horno Solar, 20 milímetros de ancho.
- Dos cierres de presión de cartola de unos 40 milímetros.
- Dos metros de burletes de caucho para el cierre de la puerta del Horno Solar.
- Un pomo y un par de asas para el transporte del Horno Solar, opcional.
- Pintura negra mate.
- Cola blanca de carpintero.
- Silicona, se usara para aislar el cristal de la puerta, también puede sustituirse por 4 metros más de burlete de caucho.
- Clavos o tornillos para madera de varios tamaños.

6.9.2. Herramientas.

Seguidamente se indica las herramientas que se usaran para la construcción del Horno Solar 30-60, se pueden utilizar otras herramientas que se tenga a mano:

- Una sierra para madera.
- Un transportador de ángulos.
- Escuadra, regla y metro.
- Un cúter o tijeras.
- Una lima o papel de lija.
- Martillo y/o destornillador.
- Una brocha para encolar.
- Lápiz para marcar las medidas.

6.9.3 Coste del material para la construcción del Horno Solar 30-60.

El material para la realización del Horno solar 30-60 se compra en el suministrador de la zona, dependiendo del país donde se compren los materiales, estos pueden variar ligeramente su precio aumentándolo o disminuyéndolo.

Para el caso práctico que nos ocupa el material se obtiene en unos grandes almacenes distribuidores de material para el bricolaje. Hay material que no podemos comprar sólo la cantidad o tamaño necesarios por lo que adaptaremos este material a los estándares que encontramos en el mercado, como es el caso de los tableros y listón.

Descripción	Unidades	Coste (€)
Tablero de aglomerado [244 x 122 x 0,8] cm.	2	26,60 €
Listón de madera de abeto cepillada de [240 x 18 x 18] cm.	4	7,80 €
Rollo de cartón ondulado de [1000 x 100] cm.	1	7,95 €
Placa policarbonato celular [200 x 105] cm.	1	19,90 €
Un rollo de papel de aluminio 30 metros.	1	2,45 €
Bisagra de hoja doble [7 x 0,5 x 6] cm	2	3,95 €
Dos cierres de presión de cartola de unos 40 milímetros.	2	1,94 €
Burlete 5,5 m.	1	2,95 €
Asa metálica de transporte 64 mm.	2	2,05 €
Pomo de plástico JADE	1	0,95 €
Pintura negra mate para exterior.	1	7,95 €
Cola blanca de carpintero 1kg.	1	3,10 €
Silicona selladora juntas.	1	2,05 €
Clavos diámetro 2,2 mm y longitud 40mm, 65 unidades.	1	1,59 €
TOTAL		91,23 €

Tabla 2. Coste Horno Solar 30-60.

6.9.4. El Horno Solar 30-60, paso a paso.

Las medidas que se indican en esta guía son orientativas y pueden variar según la disponibilidad del material que tengamos disponible. La única medida que no puede cambiar bajo ningún concepto es la de los ángulos de 30° y 60° que forman los laterales del Horno Solar 30-60, si no se respetan estos ángulo no estamos construyendo un Horno Solar 30-60.

6.9.4.1 La estructura del Horno Solar 30-60.

Paso 1: Los laterales.

Lo primero que hay que hacer para la realización de un Horno Solar 30-60, es la estructura del horno, debemos tener en cuenta que la estructura es quizás el paso más importante para realizar una buena construcción de un Horno Solar 30-60, si la estructura no está bien construida el resto de piezas no encajaran correctamente y las pérdidas de calor pueden ser muy elevadas.

El Tablero A [1x1]m servirá para realizar los laterales del Horno Solar 30-60. Para realizar los laterales marcamos en el Tablero A dos triángulos rectángulos como los de la Ilustración 1, se aconseja aprovechar las esquinas del Tablero A, de esta manera con solo dos cortes tendremos los triángulos que forman los laterales.

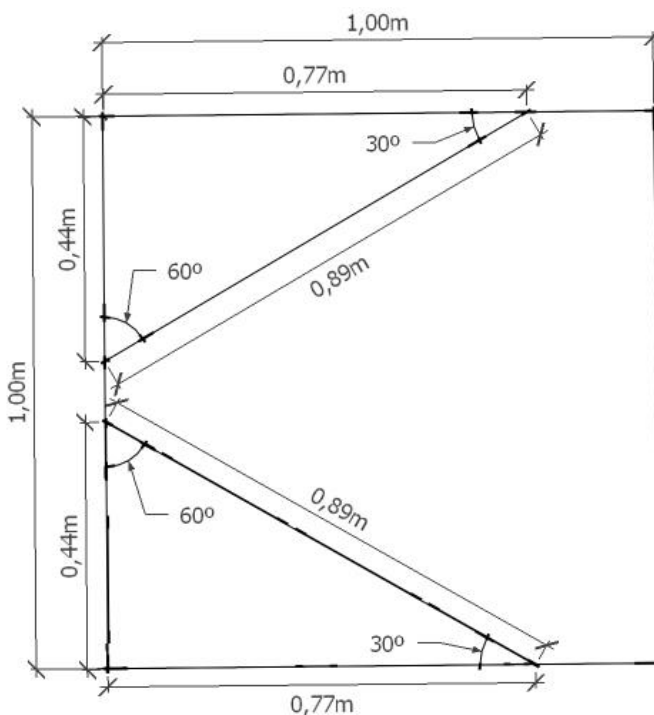


Ilustración 17. Tablero A, laterales Horno Solar 30-60.

Una vez realicemos los cortes, el resultado final será dos triángulos rectángulos como los de la Ilustración 2.

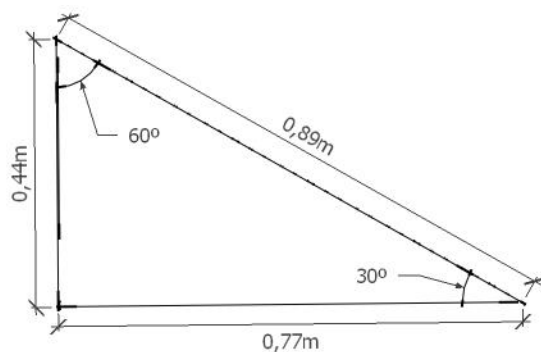


Ilustración 18. Tablero A, triángulo lateral.

El siguiente paso no es obligatorio pero es aconsejable y en este Horno Solar 30-60, vamos a hacerlo. Se trata de cortar las dos esquinas del triángulo. Cortando las dos esquinas reducimos el volumen del horno pero no la capacidad ni el tamaño del captador solar (puerta del horno).

El resultado final será el de dos triángulos rectángulos para el lateral como los de la imagen:

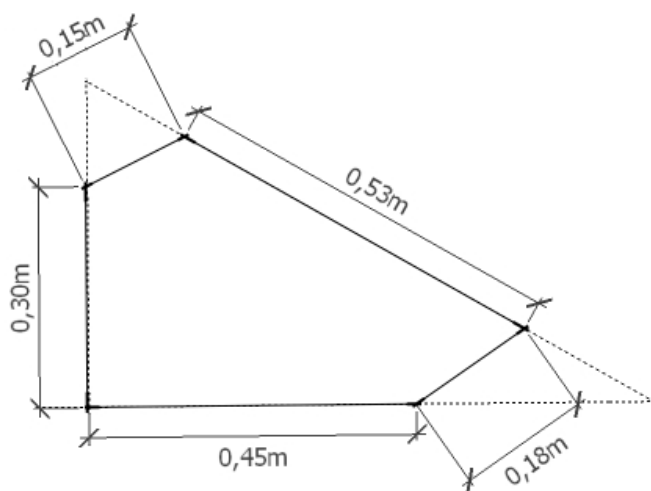


Ilustración 19. Tablero A, triángulo lateral final.

Paso 2: Cortar los listones para la estructura.

Una vez tengamos los dos triángulos que formaran los laterales del Horno Solar 30-60, debemos unirlos mediante cinco listones de 40 milímetros por 40 milímetros y 48 centímetros de largo, para ello usaremos el Listón A.

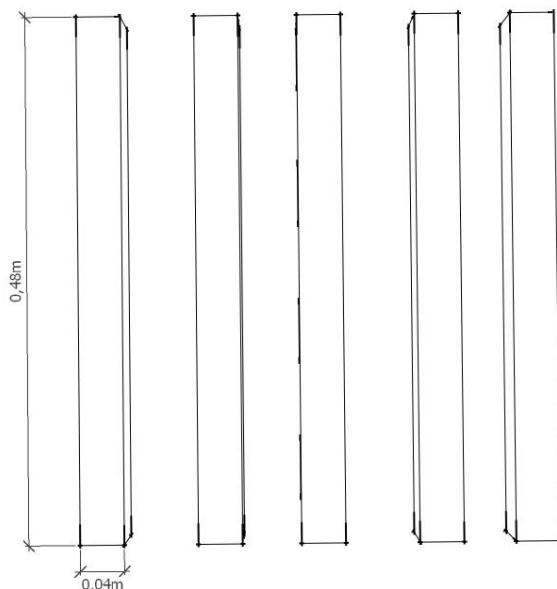


Ilustración 20. Listón A, listones para el esqueleto del Horno Solar 30-60.

Se reforzará el frontal del Horno Solar 30-60 con dos listones de 40 milímetros por 40 milímetros y 46 centímetros de largo, para ello usaremos el Listón A. el motivo de este refuerzo es que en la parte frontal del Horno Solar 30-60 se instalará un captador solar que a la vez de puerta.

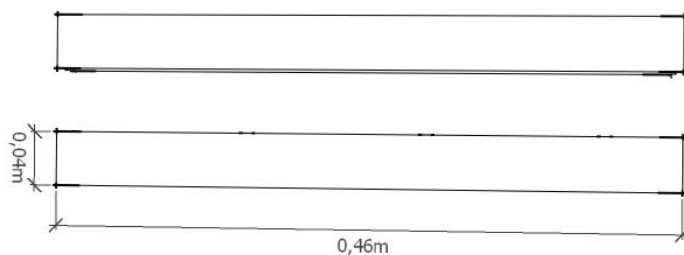


Ilustración 21. Listón A, listones para el frontal del Horno Solar 30-60.

Paso 3: La estructura del horno.

Una vez cortados los laterales y los listones vamos a unirlos para crear la estructura principal del Horno Solar 30-60. Para la unión podemos usar tornillos o clavos según disponibilidad que tengamos y cola blanca de carpintero. Se recomienda poner un mínimo de dos clavos o tornillos en las uniones entre los laterales y los listones para que, los listones no puedan girar.

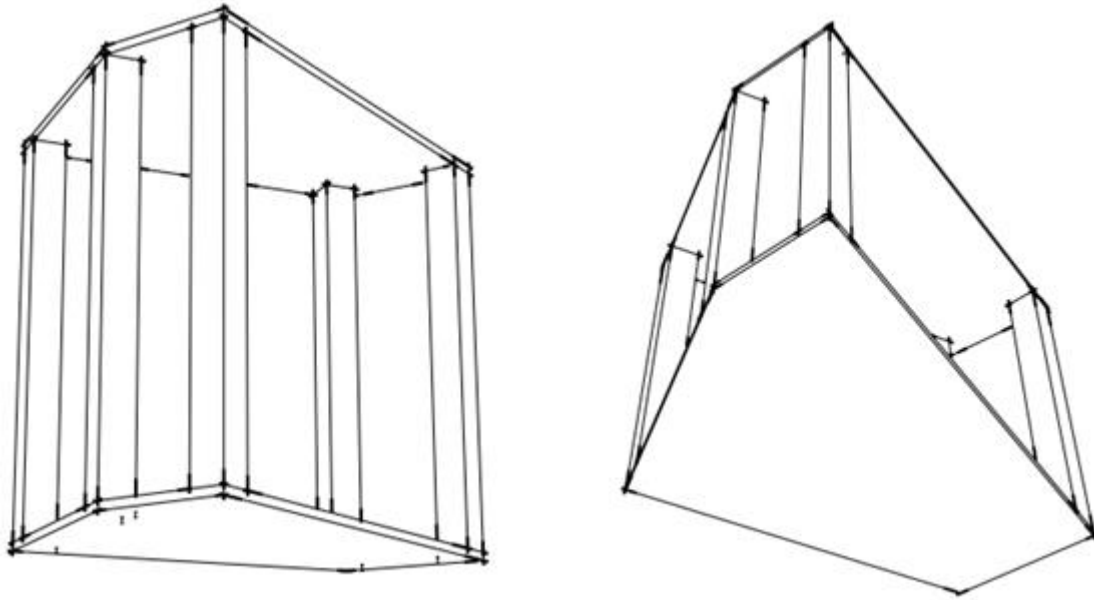


Ilustración 22. Estructura principal del Horno Solar 30-60.

Paso 4: Cerrar la estructura.

Una vez esta la estructura montada, el siguiente paso es cerrar la estructura por todas las caras excepto la cara frontal. La cara frontal ara las funciones de puerta y captador solar a la vez.

Para ello se irán midiendo y cortando las maderas necesarias para las caras del Horno Solar 30-60 a medida que se vayan cerrando las diferentes caras.

Se recomienda el uso de clavos o tornillos y cola blanca de carpintero.

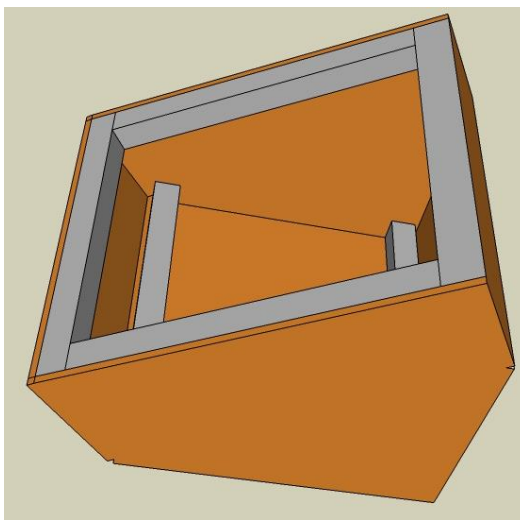
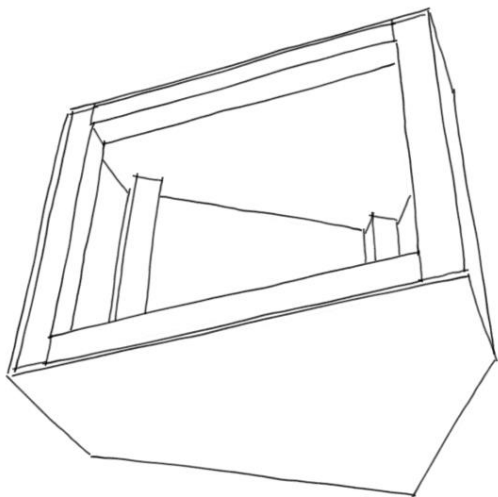


Ilustración 23. Estructura Horno Solar 30-60 finalizada.

6.9.4.2. El aislamiento del Horno Solar 30-60.

Una vez finalizada la estructura del Horno Solar 30-60, es momento de colocar el aislante térmico que hayamos decidido. Para el Horno Solar 30-60 que se presenta como ejemplo en esta práctica se usará cartón a modo de aislante térmico para evitar las pérdidas por Transmisión de calor por Convección y papel de aluminio para evitar las pérdidas de calor por Radiación. Si no se dispone de papel de aluminio se puede utilizar cualquier material reflejante.

Paso 1: Colocación del Aislante Térmico, Pérdidas por Convección.

El primer aislante que se colocará en el Horno Solar 30-60 es el que usaremos para reducir las pérdidas por Transmisión de Calor por Convección. Para ello bastante con forrar el interior de todo el horno con cartón. Debemos cubrir los seis huecos del interior del horno hasta que toda la superficie interior del horno esté a la misma altura.

Para fijar las diferentes capas de cartón usaremos cola blanca de carpintería.

Es del todo recomendable que el cartón que se usa, no haya contenido productos tóxicos anteriormente, hay que recordar que la finalidad del Horno Solar 30-60 es la de cocinar comida que debemos comer.

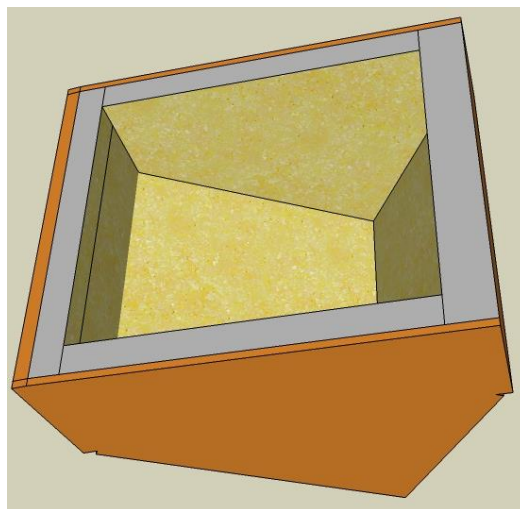


Ilustración 24. Horno Solar 30-60 con Aislamiento Térmico Convección.

Paso 2: Colocación del Aislante Térmico, Pérdidas por Radiación.

Una vez colocado el Aislante Térmico para las Pérdidas por Convección, colocaremos el papel de aluminio que actuara como aislante por Pérdidas de Radiación.

Para la colocación del Aislante Térmico para las Pérdidas por Convección basta con forrar todo el interior del Horno Solar 30-60 con el papel de aluminio, podemos pegar el papel de aluminio al cartón con la misma cola blanca de carpintería que estamos usando hasta el momento.

En este punto hay dos aspectos importantes que se deben tener en cuenta. El primero es que el papel de aluminio debe pegarse al cartón por su cara menos brillante, la cara más brillante debe quedar a la vista y el segundo es que debemos evitar el mayor número de arrugas posibles en el momento de pegar el papel de aluminio. Un consejo para dejar el papel de aluminio lo más liso posible es ejercer presión con la mano o un trapo justo en el momento que se pegue al cartón, antes de que la cola blanca de carpintería haga su efecto.

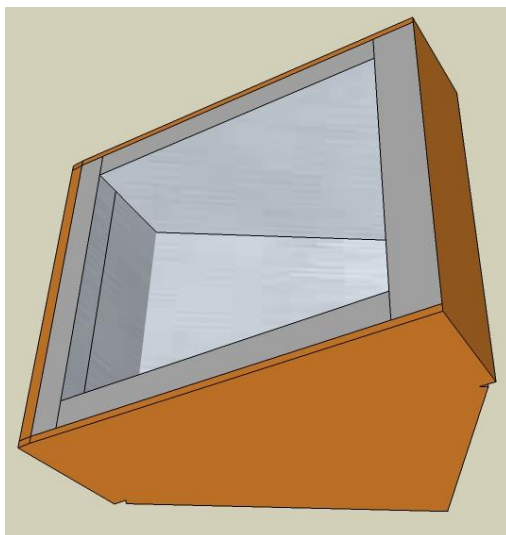


Ilustración 25. Horno Solar 30-60 con Aislamiento Térmico Radiación.

6.9.4.3. Captador Solar y Puerta del Horno Solar 30-60.

Paso 1: Construcción del Captador Solar y Puerta del Horno Solar.

El siguiente punto para la construcción del Horno Solar 30-60 es la realización de la Puerta del Horno Solar 30-60 que en este caso también hará la función de Captador Solar.

Para ello vamos a utilizar el Listón B de 40 milímetros por 20 milímetros, cortaremos dos listones de 58 centímetros de largo y dos de 46 centímetros de largo.

Es importante que la estructura de la puerta quede bien encuadrada para que quede bien fuerte usaremos clavos y cola blanca de carpintero. Es aconsejable clavar dos clavos en cada unión de los listones.

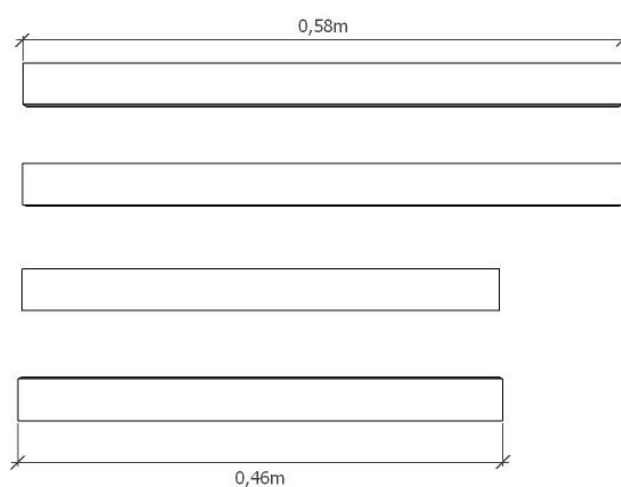


Ilustración 26. Listón B, listones para el marco de la puerta/captador del Horno Solar 30-60.

Una vez unidos los listones obtendremos un marco de puerta como el siguiente:

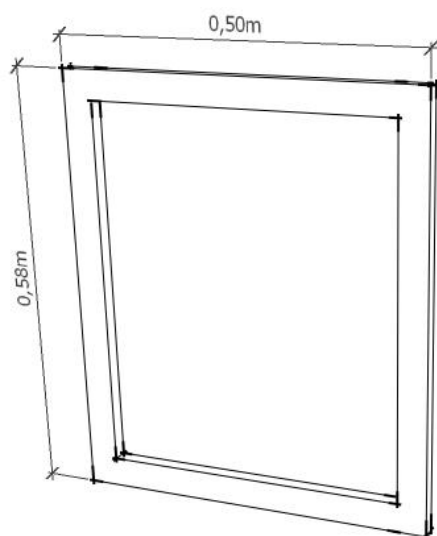


Ilustración 27. Marco del Captador Solar/Puerta Horno Solar 30-60.

Paso 2: Colocación del cristal.

Una vez la cola blanca de carpintera del marco de la Puerta del Horno solar 30-60 este bien seca y el marco quede fuerte, procederemos a la colocación del cristal. Para ello vamos a usar el Listón C de 10 milímetros por 10 milímetros.

Cortaremos cuatro listones de 42 centímetros de largo y otros cuatro de 48 centímetros de largo.

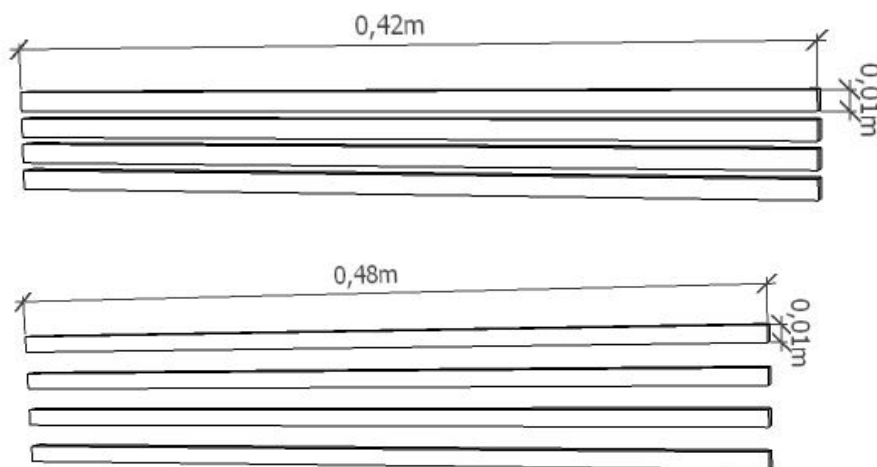


Ilustración 28. Listón C, listones para la sujeción del cristal de la puerta/captador del Horno Solar 30-60.

Con dos listones de 42 centímetros y dos de 48 centímetros construiremos un marco dentro del marco de la puerta que hemos realizado en el Paso 1 de este apartado. El marco del interior debe ir bien en cola de cola blanca de carpintería y clavo, debe ser un marco fuerte ya que deberá sujetar el cristal de la puerta.

Colocaremos los listones del marco interior al mismo nivel que los del marco grande la puerta, tal y como podemos ver en la Ilustración 14.

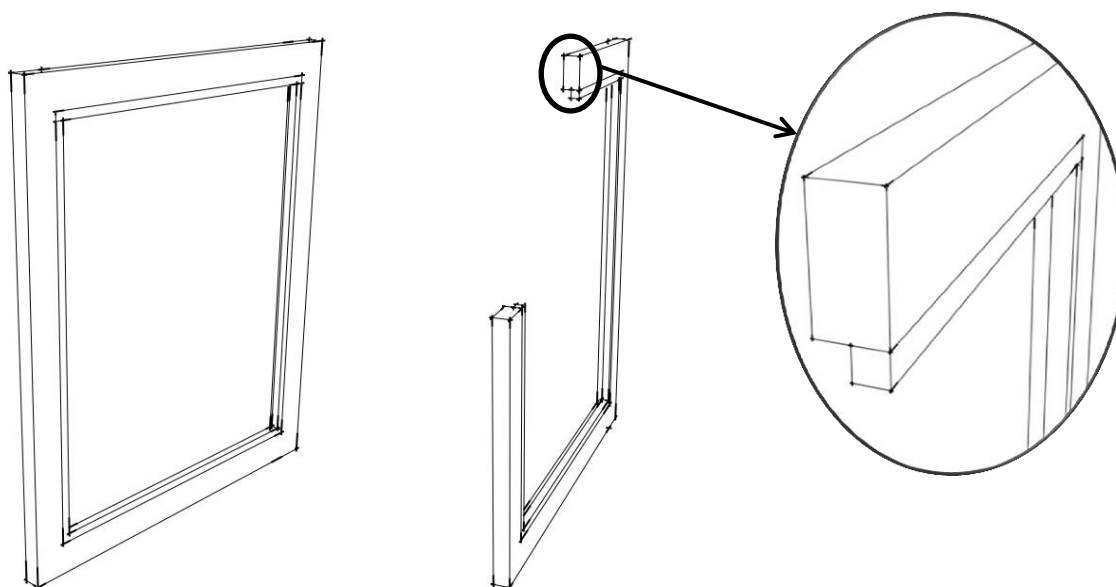


Ilustración 29. Marco interior de la puerta del Horno Solar 30-60.

Una vez colocado el marco interior donde fijaremos el cristal de 42 centímetros por 50 centímetros, en este ejemplo práctico se ha escogido un cristal pero puede utilizarse cualquier otro material transparente como por ejemplo plástico.

Antes de colocar el cristal en el marco, pagaremos una tira de burlete alrededor del marco interno donde descansara el cristal, esto es muy importante para no tener pérdidas de calor a través del marco y el cristal.

Una vez colocado el burlete y el cristal de la puerta, colocaremos otra tira de burlete en la cara del cristal que queda libre y lo fijaremos con otro marco interior construido con el Listón C de 10 milímetros por 10 milímetros. Cortaremos cuatro listones de 42 centímetros de largo y otros cuatro de 48 centímetros de largo.

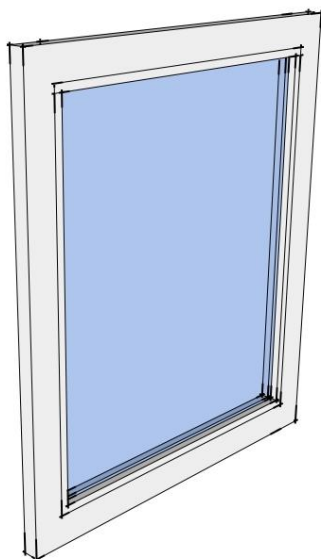


Ilustración 30. Puerta Horno Solar 30-60.

Paso 3: Instalación de la puerta en el Horno Solar 30-60.

A continuación procederemos a la instalación de la puerta captador solar del horno y el modulo principal del Horno Solar 30-60.

Para ello utilizaremos dos bisagras de 20 milímetros de ancho. Podemos utilizar cualquier tipo de bisagra pero es importante que no tenga una anchura superior a los 20 milímetros, está es la anchura máxima de los listones con los que hemos construido la puerta del Horno Solar 30-60.

Una vez se han instalado las bisagras y acoplado la puerta al Horno Solar 30-60, ya tenemos prácticamente el Horno Solar 30-60 terminado.

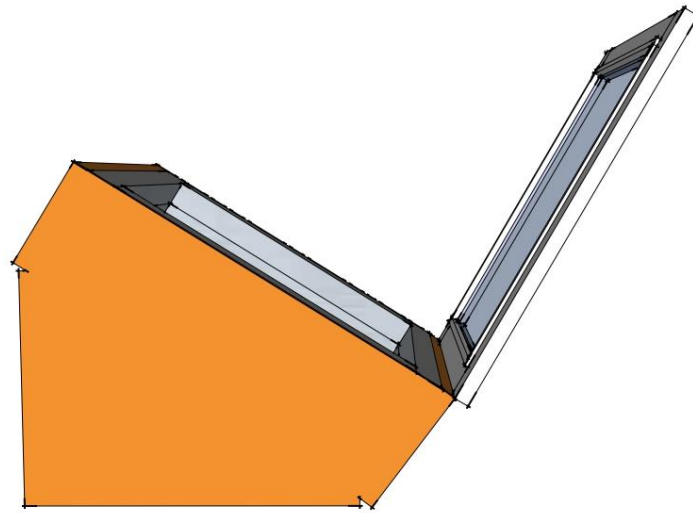


Ilustración 31. Horno Solar 30-60 con puerta instalada.

6.9.4.4. Aumentar la eficiencia y rendimiento del Horno Solar 30-60.

La eficiencia y el rendimiento son dos aspectos muy importantes en cualquier máquina o instalación. Tan sólo aplicando algunas mejoras en el Horno solar 30-60 podemos aumentar la eficiencia y el rendimiento del horno.

Lo que debemos conseguir es reducir las pérdidas de calor del interior del horno solar al máximo. Para ello ya se han instalado dos aislantes térmicos en el interior del horno solar, cartón para evitar las pérdidas por Transmisión de calor por Convección y papel de aluminio para evitar las pérdidas de calor por Radiación.

Ahora bien, aún se pueden aplicar pequeñas mejoras que van a aumentar la eficiencia y rendimiento del Horno Solar 30-60, estas mejoras son las siguientes:

1. Aislamiento del cierre de la puerta del Horno Solar 30-60:

El primer elemento a instalar es el burlete. Lo colocaremos alrededor del cierre entre la puerta y el Horno Solar 30-60 para que el cierre de la puerta sea lo más hermético posible, de este modo reduciremos las posibles fugas de calor del interior del Horno Solar 30-60. Vamos a usar el mismo burlete que se ha colocado en el momento de la realización de la puerta del horno solar.

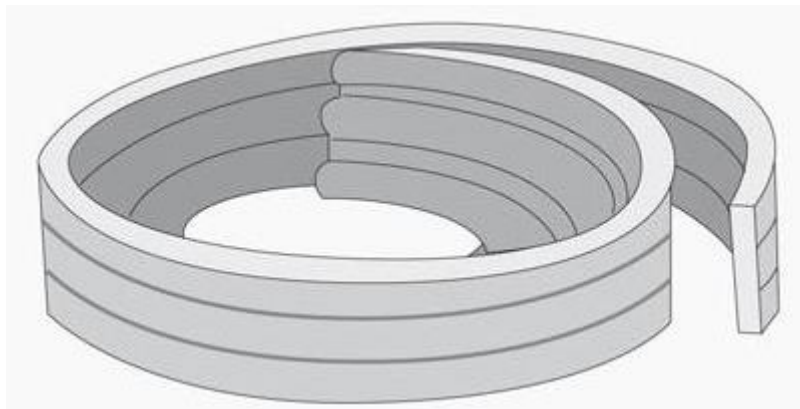


Ilustración 32. Burlete.

2. Colocación de cierres herméticos en la puerta:

El segundo elemento que nos permitirá disminuir las pérdidas de calor del interior del Horno Solar 30-60 por fuga es la colocación de unos cierres de cartola. Estos cierres realizarán un cierre más hermético entre la puerta y el horno solar.

Con la instalación de estos cierres y el burlete alrededor del cierre entre la puerta y el horno solar reduciremos las fugas de manera importante.

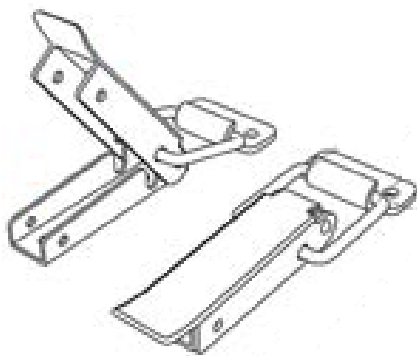


Ilustración 33. Cierres de cartola.

6.10. Práctica 2: INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA, AGUA CALIENTE SANITARIA.

A continuación se indicaran los conceptos y los material básicos necesario para la realización de una Instalación Solar Térmica de Agua Caliente Sanitaria en una vivienda.

La instalación que se pretender realizar es una instalación de Agua Caliente Sanitaria con circulación del agua No Forzada con un Circuito Primario y un circuito Secundario.

6.10.1. Elementos de una instalación de Agua Solar Sanitaria.

A continuación se detallaran los elementos principales para poder realizar una instalación de Agua Caliente Sanitaria en una vivienda.

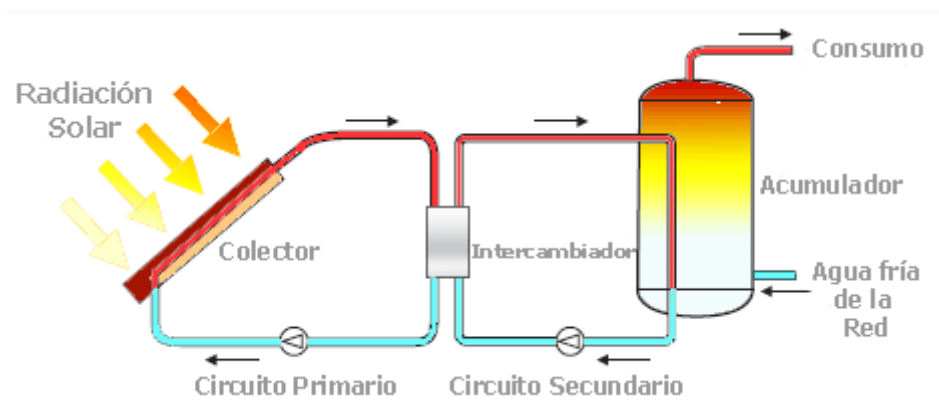


Ilustración 34. Esquema de una Instalación Solar Térmica de Agua Caliente Sanitaria.

- **Captador o Colector Solares:** El Captador o Colector Solares es el elemento encargado de captar la Radiación Solar que impacta sobre él y transmitirla al Fluido Calo-portador que circula por las tuberías.

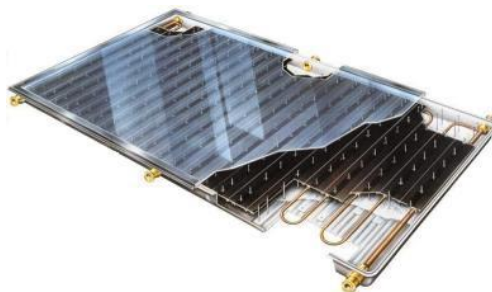


Ilustración 35. Captador o Colector Solar.

- Fluido calo-transportador:** El Fluido Calo-transportador, es el encargado de recoger el calor que captan los Captadores o Colectores Solares y transportarlo a través de las tuberías de la instalación y una vez en el Intercambiador cede el calor al agua que se usará en la vivienda. Es habitual que el Fluido Calo-transportador sea una mezcla de agua y líquido anticongelante, esto se realiza para evitar que el agua se congele y puede dañar la instalación.
- Intercambiador:** El Intercambiador es la parte de la instalación donde el Fluido Calo-transportador cede el calor que ha transportado de los Colectores o Captadores Solares al Agua Caliente Sanitaria que se usará en la instalación. Básicamente un Intercambiador es un tanque lleno de agua, donde el Fluido Calo-transportador circula por un serpentín situado en el interior del tanque sin entrar en contacto con el Agua Caliente Sanitaria. Es aconsejable que el tanque esté lo más vertical posible, de esta manera se favorece una mejor división según la temperatura del Agua Caliente Sanitaria en el interior del tanque y se aumenta el rendimiento de la instalación.

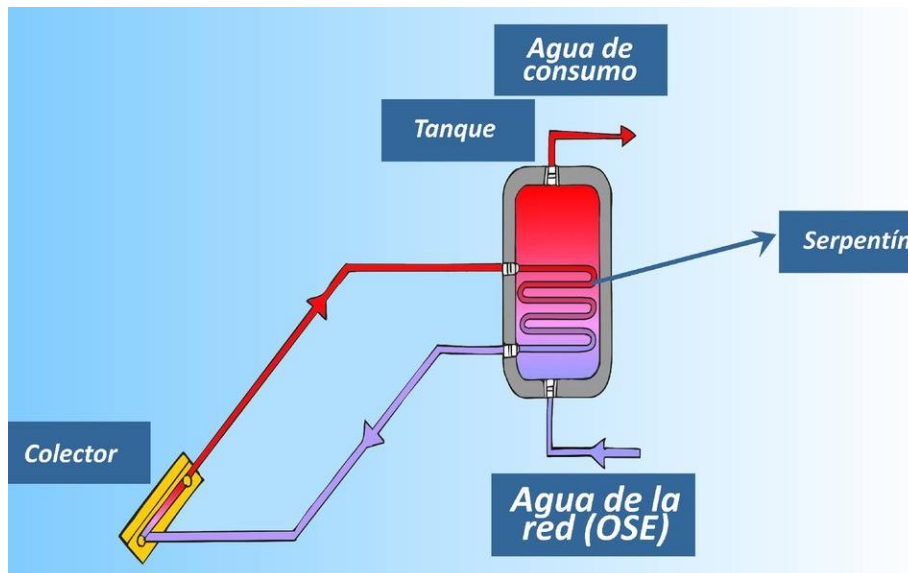


Ilustración 36. Intercambiador de una Instalación de Agua Caliente Sanitaria.

- **Vaso de expansión:** El Vaso de Expansión, es un elemento de seguridad para la instalación, su función es la de absorber los posibles cambios de presión debidos a los cambios de temperatura que puede sufrir el fluido de un circuito cerrado. Para alargar la vida útil del Vaso de Expansión siempre se colocara en la tubería que lleva el agua fría, en este caso en la tubería que retornar el Fluido Calo-portador del Intercambiador al Colector o Captador Solar.



Ilustración 37. Vaso de Expansión.

- **Tuberías:** Las tuberías son las encargadas de transportar tanto el Fluido Calo-portador como el Agua Caliente Sanitaria por toda la instalación.

En el caso práctico que nos ocupa, la instalación térmica de Agua Sanitaria Caliente funcionara sin una bomba que fuerce la circulación del agua por las tuberías, por lo que será muy importante que la diferencia de altura entre el captador de los Rayos solares y el deposito donde se guardará el agua caliente es a diferentes alturas.

El captador solar debe estar situado en una ubicación donde no haya ningún objeto que pueda hacerle sombra, una vez escogida la ubicación del captador es momento de escoger la situación del depósito.

Algunos sistemas de captación de Rayos Solares para la producción de Agua Caliente Sanitaria que encontramos en el mercado están diseñados de tal manera que el depósito queda justo encima del captador solar. Este modelo de captadores facilita mucho el trabajo ya que de esta manera sólo hay que hacer llegar dos tuberías al captador, una para suministrar agua frío captador solar y otra que retorne Agua Caliente Sanitaria a l instalación.



Ilustración 38. Captador solar con depósito para ACS.

6.10.2 Coste del material para la instalación de Agua Caliente Sanitaria Solar.

Para este caso práctico optaremos por la instalación de un captador solar con depósito incorporado.

Descripción	Unidades	Coste (€)
Equipo solar termosifón Junkers SMART 150 litros	1	1290€
Vaso expansión para Agua Caliente Sanitaria 8 litros	1	17,97€
Rollo tubería multicapa 16mm diámetro, 2mm grosor 25m longitud. Soporta hasta 90°C.	1	19€
Codo a compresión para tubería multicapa 16mm diámetro.	10	2,5€
Unión a compresión para tubería multicapa 16mm diámetro.	10	1,85 €
TOTAL		1370€

Tabla 3. Coste Instalación Agua Caliente Sanitaria.

La Energía de la Biomasa, es el término que usamos cuando nos referimos a aquella energía que es generada aprovechando cualquier tipo de materia orgánica que haya tenido su origen en un proceso biológico.

No se considera Energía de la Biomasa, la energía proveniente de fuente de combustibles fósiles o sus derivados, aunque su origen también es biológico.

La idea de Energía de la Biomasa engloba diferentes conceptos, todos ellos relacionados con la obtención de energía procedente de productos vegetales o animales. Mediante la aplicación de diferentes métodos y tecnologías para cada caso se puede obtener Energía Eléctrica, Biocombustible o Calor, el Calor es utilizado para la obtención de Agua Caliente Sanitaria y Calefacción de una vivienda o estancia.

En esta unidad se explicaran los conocimientos básicos sobre la Energía de la Biomasa para la obtención de Agua Caliente Sanitaria (para su uso doméstico en lavabos y cocinas) y para la obtención de calor para la calefacción de una vivienda o estancia.

7. Energía de la Biomasa: El origen.

El uso de la Biomasa para generar energía no es un concepto nuevo de las últimas décadas, el ser humano siempre ha utilizado la biomasa como fuente de energía. Lo único que ha cambiado en los últimos años es la manera como se ve este recurso y la tecnología necesaria para su explotación.

La Energía de la Biomasa, es toda aquella que tiene su origen en la materia orgánica. Según el origen de esta materia orgánica podemos clasificar la Biomasa en tres grandes grupos.

- **Biomasa Primaria:** la Biomasa Primaria o Vegetales toda aquella biomasa formada por seres que realizan la fotosíntesis o lo que es lo mismo, las plantas. Entren dentro del grupo de la Biomasa Primaria los residuos agrícolas y forestales.
- **Biomasa Secundaria:** la Biomasa Secundaria es toda aquella biomasa formada por los seres que se alimentan de plantas, seres herbívoros. Se considera Biomasa Secundaria tanto a los seres herbívoros como a las heces de estos.
- **Biomasa Terciaria:** la Biomasa Terciaria es toda aquella biomasa formada por los seres que su dieta alimentaria se basa en la carne, es decir seres carnívoros.

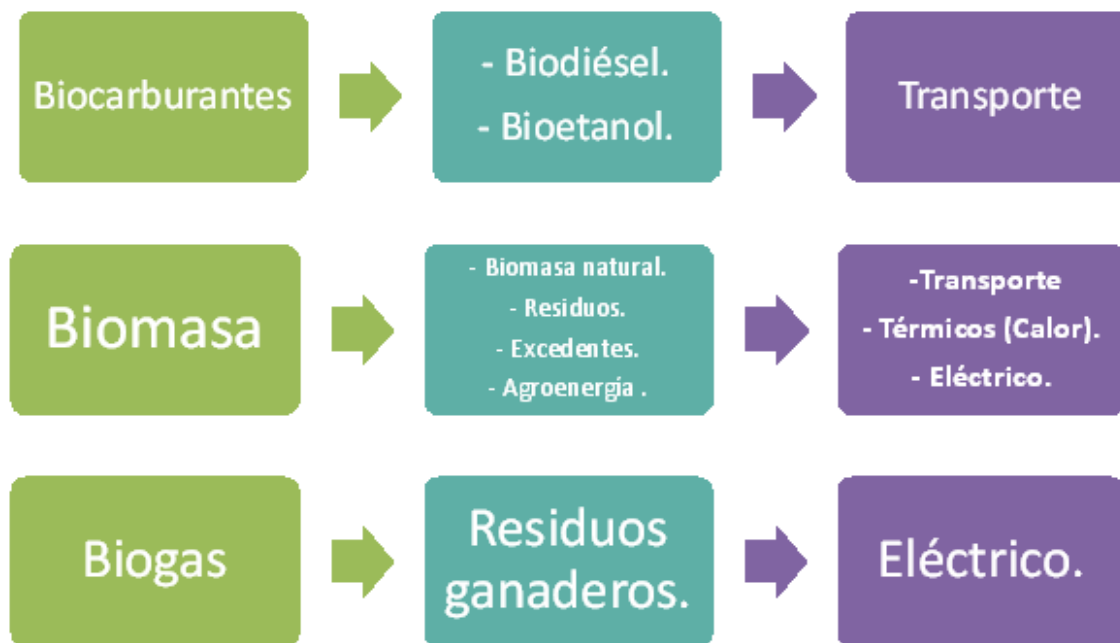


Ilustración 39. Diagrama tipos y usos de la Energía de la Biomasa.

En resumen podemos decir que la Biomasa Terciaria se alimenta de la Biomasa Secundaria. Que la Biomasa Secundaria se alimenta de la Biomasa Primaria y que la Biomasa Primaria o Vegetal necesita la luz del Sol para hacer la fotosíntesis, como conclusión observamos que el Sol vuelve a ser la fuente de Energía que hace realidad la Biomasa.

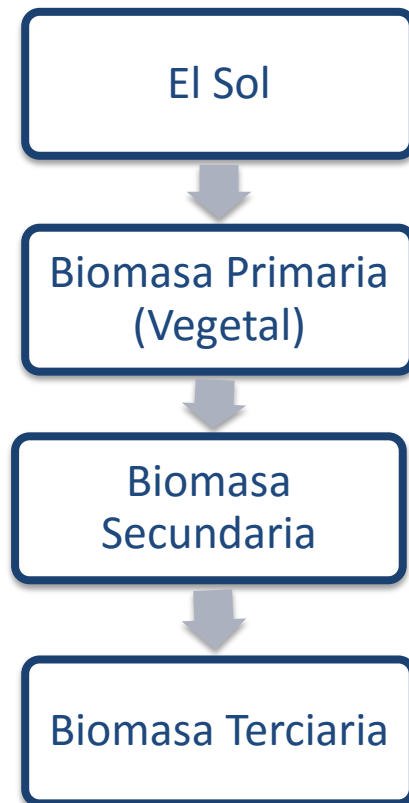


Ilustración 40. Diagrama origen Biomasa

7.1. Energía de la Biomasa: Fuente de Energía.

La Energía de la Biomasa es una energía Primaria, lo que significa que no es la energía final deseada que queremos, sino que es una fuente de Energía que utilizamos para obtener una Energía final como puede ser el Calor, la Electricidad o combustible para hacer funcionar un motor.

Según la procedencia de la Biomasa la podemos clasificar en **Biomasa Natural, Residuos, Excedentes y Agroenergía.**

7.1.1. Biomasa Natural.

La Biomasa Natural, es la que se produce de manera natural sin que el hombre intervenga en el proceso. Se considera Biomasa Natural todos los bosques, extensiones de tierra sin cultivar, matorrales, etc. En las que el hombre no ha intervenido en ningún momento.

Esta fuente de recursos para la obtención de Biomasa no puede ser utilizada para la obtención de Biomasa de manera masiva, ya que este hecho puede suponer una rápida degradación de los ecosistemas naturales.

7.1.2. Residuos.

La Biomasa de Residuos, es la que se genera en cualquier tipo de actividad en que se utilice materia orgánica, generalmente son los residuos producidos en las explotaciones de sectores agrícolas, ganaderas, forestales o ganaderos y residuos producidos en grandes núcleos urbanos, residuos sólidos y aguas residuales.

La Biomasa Residual se utiliza más como una manera de aprovechar los residuos generados para reducir la contaminación que no como una manera de generar Energía, en muchos casos las instalaciones que aprovechan los residuos son autosuficientes desde el punto de vista energético.

7.1.3. Excedentes.

La Biomasa de Excedentes, es la que proviene de explotaciones agrícolas con excedentes de cosecha. Esto no puede aplicarse a todos los tipos de cosecha agrícola, debe ser una cosecha agrícola con alto valor para la Biomasa.

La Biomasa de Excedente tiene su origen en Europa en la década de los 80, cuando la población aumento aproximadamente un 3% mientras que las cosechas aumentaron un 26,5%.

Generalmente se utiliza la Biomasa de Excedente para la realización de Biocarburante. El Biocarburante tiene un precio superior a los carburantes fósiles que intenta sustituir, esto es debido a que el Excedente agrícola fue plantado para fines alimenticios y no para fines energéticos.

7.1.4. Agroenergía.

La Biomasa de Agroenergía, es aquella que proviene de explotaciones agrícolas que se han cosechado expresamente con el fin de que la cosecha sea usada para la obtención de Biomasa.

Las cosechas agrícolas con fines alimenticios y las destinadas a fines energéticos deben tratarse de manera diferente.

En una cosecha Agroenergética debe procurarse obtener la máxima rentabilidad energética, esto significa que la energía que generara el biocombustible debe ser mayor que la suma de las energías empleadas para el cultivo, recolección y preparación del biocombustible.

7.2. Energía de la Biomasa: Biocombustible o Biocarburante.

La Energía de la Biomasa es una fuente de Energía que aplicándole un determinado proceso tecnológico obtenemos la Energía final deseada, como puede ser la obtención de calor, electricidad o el funcionamiento de un motor.

Según para que sea empleada la Biomasa se le denomina de una manera o de otra.

Si la Biomasa es usada como Fuente de Energía para la obtención de calor o electricidad, a la Biomasa utilizada, normalmente residuos sólidos, se le denomina **Biocombustible**.

Por otro lado, si la Biomasa es utilizada con el fin de hacer funcionar un motor térmico, normalmente gases o líquidos, se le denomina **Biocarburante**.

En esta unidad nos centraremos en la realización de una práctica con Biocombustible.

7.3. Energía de la Biomasa: Poder Calorífico.

El Poder Calorífico es la cantidad de Energía que es capaz de liberar un quilogramo de cualquier material líquido, sólido o gaseoso, cuando es sometido a una reacción de combustión. El Poder Calorífico se mide en kilo-Julios/kilogramo [kJ/kg].

No todos los materiales tienen el mismo Poder Calorífico, dependiendo del tipo de material obtendremos más o menos Energía en el momento de la combustión del material. Cuanto mayor sea la Energía que desprende el material en el momento de la combustión mayor será el Poder Calorífico de dicho material.

Existen dos maneras de cuantificar el Poder Calorífico de cada material, dependiendo de si tenemos en cuenta la Energía necesaria para evaporar el agua del interior del material o no.

Si tenemos en cuenta la Energía necesaria para evaporar el agua del interior del material diremos **Poder Calorífico Superior o Bruto (PCS)**.

Si no tenemos en cuenta la Energía necesaria para evaporar el agua del interior del material diremos **Poder Calorífico Inferior o Neto (PCI)**.

En la *Tabla. 4* podemos observar los valores de Poder Calorífico Inferior (PCI) de diferentes tipos de madera, dependiendo de la humedad de la madera.

Poder Calorífico Inferior o Neto (PCI) en función de la humedad (kJ/kg)					
Humedad	5%	15%	25%	35%	45%
Madera					
Roble	16740	14760	12780	10764	8784
Haya	16560	14580	12600	10656	8676
Fresno	16812	14796	12816	10800	7812
Olmo	17352	15300	13248	11196	8100
Acacia	16992	14976	12960	10944	7920
Abedul	16992	14976	12960	10944	7920
Castaño	17676	15588	13500	11412	8280
Arce	18000	15912	13788	11664	8460
Aliso	16668	14688	12708	10728	8748
Chopo	16308	14364	12420	10476	8532
Sauce	16308	14364	12420	10476	8532
Pino silvestre	18000	15912	13788	11664	9540
Pino marítimo	17676	15588	13500	11412	9324
Abeto	17352	15300	13248	11196	9144
Abeto rojo	17712	15588	13500	11412	9324
Alerce	18000	15912	13788	11664	9540

Tabla 4. Poder Calorífico Inferior de diversos tipos de madera.⁴

⁴ Fuente: "Les bonnes pratiques du bois-energie", ITEBE 2005.

En la *Tabla. 5* podemos observar algunos de los combustibles fósiles más utilizados en diferentes estados, sólidos, líquidos y gaseosos.

Combustible	Poder Calorífico Superior (PCS) (Kcal/kg)	Poder Calorífico Inferior (PCI) (Kcal/kg)
Combustibles sólidos		
Antracita	8.360	8.000
Carbón vegetal	7.500	7.200
Combustibles líquidos		
Fuel-oil	10.150	9.450
Gasolina	11.200	10.500
Gasoil de automoción	10.300	9.695
Etanol de 96	6.740	6.420
Combustibles gaseosos		
Metano	12.738	11.130
Propano	12.900	11.000
Butano	11.800	10.900

Tabla 5. Poder Calorífico Biocombustibles y Combustibles Fósiles.⁵

7.4. Energía de la Biomasa: Aplicaciones.

Con la Biomasa como fuente de Energía y mediante diferentes procesos, podemos obtener Energía Térmica (Agua Caliente Sanitaria, Aire caliente, vapor, etc.), Energía Eléctrica e incluso Energía Mecánica (motores de combustión) utilizando los Biocarburantes.

7.4.1. Generación de Energía Térmica:

La utilización de la Biomasa como fuente de Energía para la generación de Energía Térmica es la aplicación más extendida de la Biomasa. Se basa fundamentalmente en la combustión (quema) de biomasa sólida, (aunque también es posible la combustión de gases o líquidos), con el calor que se desprende de la combustión de la Biomasa se calienta agua, aire, vapor, etc. El uso más extendido es la generación de Agua Caliente Sanitaria para pequeñas viviendas o edificios.

⁵ Fuente: Energías renovables para el Desarrollo.

7.4.2. Generación de Energía Eléctrica.

La Biomasa también es utilizada para la generación de electricidad, existen diferentes métodos para la generación de electricidad a través de la Biomasa pero básicamente todos tienen el mismo funcionamiento.

La Biomasa es sometida a un proceso de combustión, esta combustión genera enormes cantidades de calor que calientan un fluido que circula por un serpentín en circuito cerrado, normalmente este fluido suele ser agua. El fluido al llegar a una cierta temperatura se evapora y este vapor es el encargado de hacer girar las palas de una turbina conectado a un generador eléctrico. En el generador la energía mecánica producida por las palas es transformado en energía eléctrica. Una vez que el vapor ha movido las palas de la turbina se enfría y se convierte en agua nuevamente, esta agua vuelve a empezar el circuito de nuevo.

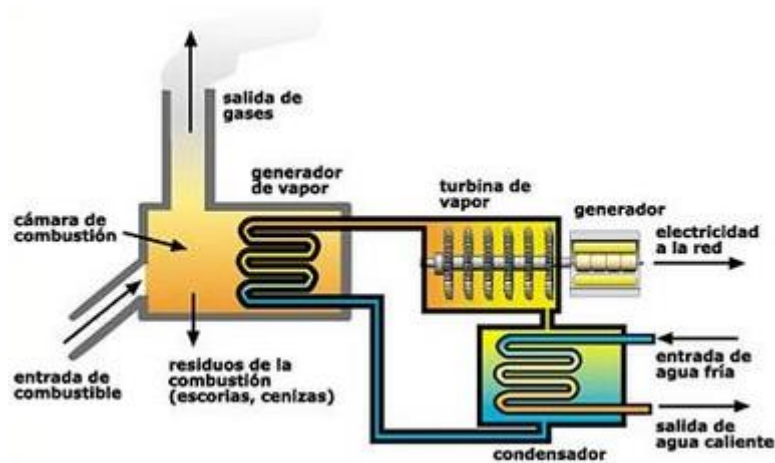


Ilustración 41. Central Eléctrica Biomasa.

7.4.3. Generación de Energía Mecánica.

El uso de la Biomasa para la generación de Energía Mecánica hace referencia a los Biocombustibles.

La Biomasa utilizada para la generación de Biocombustibles que serán usados en coches u otros motores mecánicos, provienen de plantación agrícolas donde se destina toda la cosecha a este fin, es decir, es Biomasa Agroenergética. Una vez estas plantaciones son recolectadas, la cosecha Agroenergética es sometida a diferentes procesos químicos que darán como resultado un Biocombustible.

7.4.4. Generación de Energía Cogeneración.

La cogeneración no hace referencia al tipo de energía que se obtiene cuando se aplica un proceso tecnológico a la Biomasa, si no que hacer referencia al tipo de proceso tecnológico que se le aplica a la Biomasa para la generación de Energía.

Cogeneración significa el aprovechamiento de todo el calor que desprende la combustión de la Biomasa para la generación de como mínimo dos tipos de energía, normalmente estas dos energías suelen ser Energía Eléctrica y Energía Térmica (calor).

Este tipo de centrales tienen un rendimiento mayor a las otras centrales, esto es debido básicamente a tres aspectos, estos aspectos son:

- Menor consumo de Biomasa, con la misma cantidad de Biomasa generan dos tipos de Energía, principalmente Energía Eléctrica y Energía Térmica (calor).
- El coste de la generación de la energía es menor ya que el precio de comprar de la Biomasa se reparte entre dos Energías.
- El impacto medioambiental es menor ya que solo se necesita de un central para la generación de como mínimo dos tipos diferentes de Energía.

7.5. Energía de la Biomasa: Tecnología Actual.

La tecnología actual que existe para la explotación de la Biomasa como fuente de energía está un paso por detrás de las otras fuentes de energía pero este hecho está cambiando con el paso de los años.

La biomasa como fuente de energía a nivel de uso doméstico va encarada a la creación de energía térmica para el suministro de calefacción y Agua Caliente Sanitaria a las viviendas. El uso de la biomasa a nivel industrial va más encarado a la creación de segundas fuentes de energía derivadas de diferentes procesos aplicados a la biomasa natural, residuos, excedentes y/o Agroenergía.

Dependiendo del proceso tecnológico que se aplique se pueden obtener biocarburantes, biogases.

Hoy en día el segmento que más fuerte está apostando por el uso de la biomasa para la creación de energía térmica para abastecer de calefacción y Agua Caliente Sanitaria a edificio es la Administración pública, sobre todo en países del centro y norte de Europa como Austria donde la biomasa es usada desde hace más de tres décadas con una eficiencia del 90% o Suecia que desde el año 2010 produce más energía procedente de la biomasa que de petróleo.

7.6. Práctica 3: Cálculo de la potencia de una vivienda.

Con esta práctica se pretende mostrar los pasos a seguir para calcular la potencia necesaria de la caldera, la cantidad de combustible necesaria y el ahorro que supone el uso de la Biomasa frente otros combustibles.

Para el ejemplo tomaremos una vivienda de 70 m² y una capacidad máxima de la vivienda de 4 personas y realizaremos el cálculo para abastecer el suministro de calefacción y Agua Caliente Sanitaria de la vivienda.

Estos parámetros son sólo para poder realizar el ejemplo práctico, si no cumplen con los parámetros que reales que queremos calcular siempre se pueden cambiar, manteniendo los pasos a seguir y volviendo a realizar los cálculos pertinentes.

Superficie a calentar de la vivienda: 70 m².

Capacidad máxima de la vivienda: 4 personas

7.6.1. Cálculo de la potencia necesaria:

El primer paso a realizar es el cálculo de la potencia que demandara el sistema para su correcto funcionamiento. Para calcular la potencia necesaria de la caldera, debemos calcular la potencia necesaria para el correcto funcionamiento de la calefacción y seguidamente la potencia necesaria del Agua Caliente Sanitaria, la potencia de la caldera la escogeremos a partir de la potencia más crítica (grande) entre la Calefacción y el Agua Caliente Sanitaria.

a) Calefacción:

Para calcular la potencia necesaria para el uso de la calefacción debemos tener en cuenta la superficie de la vivienda que queremos calentar y el tipo de vivienda. No es lo mismo el gasto en energía de una vivienda nueva y bien aislada térmicamente que una vivienda antigua y con un mal aislamiento térmico.

Existen diferentes maneras de calcular la energía necesaria según la vivienda pero también podemos utilizar parámetros orientativos que nos darán una idea aproximada de la energía necesaria.

- Una vivienda bien aislada: 80 W/m².
- Una vivienda con aislamiento normal: 100 W/m².
- Una vivienda antigua o mal aislada: 120 W/m².

Estos parámetros son orientativos para la Península Ibérica y pueden variar dependiendo de la situación climática de la ubicación. Para el ejemplo que estamos realizando utilizaremos el parámetro de 120 W/m². Por lo que la Demanda de Calefacción de la vivienda será:

$$Demanda\ Calefacción \rightarrow D_{cal} = Potencia\ vivienda \cdot Superficie\ vivienda [W]$$

Potencia vivienda: 120 W/m².

Superficie vivienda: 70 m².

$$D_{cal} = 120 \frac{W}{m^2} \cdot 70 m^2 \rightarrow D_{cal} = 8400 W = 8,4 kW$$

La potencia necesaria para cubrir la demanda de calefacción de la vivienda es de 8,4 kW.

b) **Agua Caliente Sanitaria:**

Para calcular la potencia necesaria para el suministro de Agua Caliente Sanitaria (ACS) necesitamos saber la demanda de litros/persona que necesitamos en la vivienda, para ello usaremos las tablas de consumo *Código Técnico de la Edificación* del Ministerio de Industrial del Gobierno de España.

Demanda	Litros Agua Caliente Sanitaria/día	
Viviendas unifamiliares	30 litros	Por persona
Viviendas multifamiliares	22 litros	Por persona
Hospitales y clínicas	55 litros	Por cama
Escuelas	3 litros	Por alumno
Oficinas	3 litros	Por persona
Lavanderías	3 a 5 litros	Por kilo de ropa

Tabla 6. Demanda de Agua Caliente Sanitaria.⁶

Para el ejemplo escogeremos la Vivienda unifamiliar y los 30litros/persona que nos indica el Código Técnico de la Edificación. Por lo que deberemos disponer de un caudal de agua de 30 litros/persona en una vivienda de 4 persona por lo que:

$$\text{Caudal de agua} \rightarrow C_{\text{agua}} = \text{Agua Caliente Sanitaria} \cdot \text{Personas}$$

$$C_{\text{agua}} = 30 \frac{\text{litros}}{\text{persona}} \cdot 4 \text{ persona} \rightarrow C_{\text{agua}} = \mathbf{120 \text{ litros}}$$

Esto significa que debemos tener una caldera con una potencia suficiente como para calentar 120 litros de agua.

⁶ Fuente: Código Técnico de la Edificación (CTE)

Una vez sabemos el Caudal de agua necesario, es el momento de calcular la potencia de la caldera necesaria, para ello aplicaremos la siguiente formula:

$$Demanda\ Agua\ Caliente\ Sanitaria \rightarrow D_{ACS} = C_{agua} \cdot C_P \cdot \Delta T$$

Donde,

- D_{ACS} , es la potencia necesaria de la caldera para el suministro de Agua Caliente Sanitaria y la calcularemos en kcal/h.
- C_{agua} , es el caudal de agua necesario en la vivienda para 4 persona (kg/h) con densidad del agua de 1litro/kg. Definimos un tiempo de 30 minutos para calentar los 120 litros de Agua Caliente Sanitaria
- C_P , es el calor especifico del agua, 1kcal/kg·°C.
- ΔT , es el salto térmico del agua, °C. Es la diferencia de temperatura entre el agua que entra al circuito y el agua que sale del calentador. En este caso fijaremos una temperatura de entrada de 10°C y una temperatura de salida de 60°C.

$$D_{ACS} = C_{agua} \cdot C_P \cdot \Delta T \rightarrow D_{ACS} = \frac{120\ litro}{0,5\ hora} \cdot \frac{1kcal}{litro \cdot ^\circ C} \cdot (60^\circ C - 10^\circ C) \rightarrow$$

$$\rightarrow D_{ACS} = 12000kcal/hora$$

Para poder comparar con la potencia que demanda la calefacción que hemos calculado anteriormente debemos transformar las kcal/hora a kW, por lo que realizaremos la siguiente operación:

$$D_{ACS} = \frac{12000\ kcal}{hora} \cdot \frac{1kWh}{860kcal} \rightarrow D_{ACS} = 13,95kW$$

Una vez hemos calculado las potencias para la Calefacción y para el Agua Caliente Sanitaria, tenemos que:

$$Demanda\ Agua\ Cliente\ Sanitaria \rightarrow D_{ACS} = 13,95kW$$

$$Demanda\ Calefacción \rightarrow D_{cal} = 8,4kW$$

$$Demanda\ TOTAL = D_{ACS} + D_{cal} \rightarrow D_{TOTAL} = 13'95kW + 8'4kW \rightarrow$$

$$\rightarrow D_{TOTAL} = 22'35kW$$

En este caso debemos escoger la potencia mayor, ya que también cumplirá para la potencia menor, por lo que la potencia de la caldera que debemos instalar es de mínimo 13,95kW.

En el momento de escoger una caldera existente en el mercado, debemos tener en cuenta que difícilmente encontraremos una caldera que tenga exactamente la misma potencia que hemos calculado, por lo que siempre escogeremos una caldera con una potencia superior a la calculada pero que se acerque al máximo al valor de la potencia calculada.

7.6.2. Cálculo de la energía consumida:

A continuación vamos a calcular la demanda energética de la instalación de la Calefacción y del Agua Caliente Sanitaria, la suma de las dos energías resultantes nos dará una idea del consumo de energía anual de la vivienda.

a) Calefacción:

Para realizar el cálculo del consumo energético de la instalación de la calefacción es necesario definir algunos parámetros, estos parámetros son:

Donde,

- **Potencia de la caldera escogida:** la potencia calculada de la caldera ha sido de 13,95kW, de ahora en adelante realizaremos los cálculos con 14kW o con la potencia de la caldera que hayamos escogido.
- **Horas de funcionamiento:** necesitamos definir de manera aproximada las horas que funcionara la calefacción durante un año, para este ejemplo práctico hemos escogido la media de horas anuales para España, son un total de 1476 horas/año. Si no sabemos este dato podemos realizar una aproximación con los días y las horas que está encendida la calefacción en un año, de manera que:

$$\text{Horas funcionamiento} = \text{días año} * \text{horas día} \rightarrow$$

$$\rightarrow H_{\text{fun}} = d_{\text{año}} * h_{\text{año}}$$
- **Coeficiente de seguridad:** el coeficiente de seguridad es la manera de sobredimensionar la instalación, de esta manera aseguramos que la instalación funcionara de manera correcta a pesar de las pérdidas térmicas de la vivienda e instalación. Para este caso práctico escogeremos un coeficiente de seguridad del 10%.

Calculo,

*Energía Calefacción \rightarrow Potencia Caldera * Horas funcionamiento * Coef. seguridad \rightarrow*

$$\rightarrow E_{cal} = P_{cal} * Hora_{func} * Coef_{seguridad} \rightarrow$$

$$\rightarrow E_{cal} = 14kW * 1476 \frac{\text{horas}}{\text{año}} * 1,1 \rightarrow E_{cal} = 22.730 \frac{kW \cdot h}{\text{año}}$$

Así pues en un año el consumo energético de la instalación de calefacción será de 22.730kW·/año.

b) **Agua Caliente Sanitaria:**

Para el cálculo del consumo energético a lo largo de un año del Agua Caliente Sanitaria es necesario recuperar algunos parámetros utilizados anteriormente, estos parámetros son:

Donde,

- **Capacidad máxima de la vivienda:** es el número máximo de personas que pueden vivir en la vivienda, en este caso se ha establecido 4 personas.
- **Agua caliente sanitaria:** es la demanda de agua que necesita una persona a lo largo de un día, en este caso se ha establecido anteriormente 30 litros/persona.
- **C_p:** es el calor específico del agua, 1000 cal/kg·°C.
- **ΔT:** es el salto térmico del agua, °C. Es la diferencia de temperatura entre el agua que entra al circuito y el agua que sale del calentador. En este caso fijaremos una temperatura de entrada de 10°C y una temperatura de salida de 60°C.
- **Días año:** este parámetro lo vamos a fijar en 365 días, son los días que tiene un año y se entiende que el Agua Caliente Sanitaria de la vivienda se utiliza todos los días del año.

Calculo,

$$\text{Energía ACS} \rightarrow \text{Personas} * \text{Agua Caliente Sanitaria} * \text{días año} * C_p * \Delta T \rightarrow$$

$$E_{ACS} = 4 \text{ personas} \cdot 30 \frac{\text{litros}}{\text{día}} \cdot 365 \text{ día} \cdot 1000 \frac{\text{cal}}{\text{litro} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (60^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) \rightarrow$$

$$\rightarrow E_{ACS} = 2.190.000 \frac{\text{kcal}}{\text{año}}$$

Para poder comparar con el consumo energético de la calefacción calculado con anterioridad, debemos transformar las kcal/hora a kW, por lo que realizaremos la siguiente operación:

$$D_{ACS} = \frac{2.190.000 \text{ kcal}}{\text{hora}} \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{860 \text{ kcal}} \rightarrow D_{ACS} = 2.547 \frac{\text{kW}}{\text{año}}$$

Ahora ya sabemos las demandas energéticas de la Calefacción y la demanda energética del Agua Caliente Sanitaria, por lo que la suma de las dos demandas energéticas nos dará la demanda energética total de toda la vivienda.

$$\text{Energía TOTAL} = \text{Energía Calefacción} + \text{Energía Agua Caliente Sanitaria} \rightarrow$$

$$\rightarrow E_{TOTAL} = E_{cal} + E_{ACS} = E_{TOTAL} = 22.730 \frac{\text{kW}}{\text{año}} + 2547 \frac{\text{kW}}{\text{año}} \rightarrow$$

$$\rightarrow E_{TOTAL} = 25.277 \frac{\text{kW}}{\text{año}}$$

La demanda energética total de la vivienda será de 25.277 kW/año. Esta demanda energética no tiene en cuenta el rendimiento de la caldera, por lo que no es una aproximación real de la demanda energética, para saber la demanda energética real deberemos aplicar la siguiente fórmula:

$$Energía\ TOTAL\ REAL = \frac{Energía\ TOTAL}{Rendimiento\ caldera} \rightarrow E_{TOTAL\ REAL} = \frac{E_{TOTAL}}{\eta_{caldera}} \rightarrow$$

Según el Reglamento de Instalaciones Técnicas en Edificios (RITE) el rendimiento mínimo de una caldera depende del tipo de caldera, por ejemplo:

Tipo caldera	Rendimiento mínimo
Estándar	84%
Baja temperatura	87,5%
Condensación	97%

Tabla 7. Rendimientos caldera biomasa.⁷

Para este caso práctico escogeremos el rendimiento más desfavorable,

Donde,

$$Rendimiento\ caldera \rightarrow \eta_{caldera} = 84\% = 0,84$$

$$\rightarrow E_{TOTAL\ REAL} = \frac{25.277 \frac{kW}{año}}{0,84} \rightarrow E_{TOTAL\ REAL} = 30.091 \frac{kW}{año}$$

El consumo total de la vivienda y teniendo en cuenta el rendimiento de la caldera será de 30.091 kW/año. Cabe recordar que esto es solo un ejemplo de un caso práctico y que si queremos realizar una instalación real, debemos realizar el Cálculo de la energía consumida con los datos reales que no facilita el fabricante de la caldera.

⁷ Fuente: Reglamento de Instalaciones Técnicas en Edificios (RITE).

7.6.3. Cálculo del combustible necesario:

Una vez sabemos la potencia de la caldera necesaria y el consumo energético de la vivienda para un año, vamos a calcular la cantidad de combustible que se necesitara para que la caldera de Biomasa funcione a lo largo de un año.

Para calcular la cantidad de combustible es necesario saber el Poder Calorífico Inferior o Neto del material que se usara como Biomasa para alimentar la caldera, algunos de los materiales son:

Fuente Energía	Poder Calorífico Inferior o Neto [kWh/kg]
Biomasa	
Quebracho blanco	8,49
Quebracho colorado	4,77
Algarrobo blanco	4,88
Algarrobo negro	5,35
Fósil	
Gas natural	12,722
Gasóleo C	9,994

Tabla 8. Poder Calorífico Inferior o Neto maderas comunes.

Para calcular la cantidad de biomasa necesaria usaremos la siguiente formula:

$$Cantidad_{Biomasa} = \frac{Energía_{TOTALREAL}}{Poder\ Carolífico\ Inferior} \rightarrow C_{Biomasa} = \frac{E_{TOTALREAL}}{PCI}$$

Donde,

- **Cantidad Biomasa:** es la cantidad de la Biomasa que consumara la instalación de la vivienda a lo largo de un año de funcionamiento, [kg].
- **Energía total real:** es la demanda energética que consumirá la instalación a lo largo de un año, es necesario realizar el cálculo teniendo en cuenta el rendimiento de la caldera, [kWh/año]
- **Poder calorífico inferior:** es la cantidad de Energía que es capaz de liberar un quilogramo de cualquier material líquido, sólido o gaseoso, cuando es sometido a una reacción de combustión, [kWh/kg].

$$C_{Biomasa} = \frac{E_{TOTALREAL}}{PCI}$$

Calculo,

Quebracho blanco: 8,49 kWh/kg.

$$C_{Biomasa} = \frac{E_{TOTALREAL}}{PCI_{Quebracho\ blanco}} \rightarrow C_{Biomasa} = \frac{30.091 \frac{kW}{año}}{8,49 \frac{kWh}{kg}} \rightarrow C_{Biomasa} = 3.545 \text{ kg/año}$$

Quebracho colorado: 4,77 kWh/kg.

$$C_{Biomasa} = \frac{E_{TOTALREAL}}{PCI_{quebracho\ colorado}} \rightarrow C_{Biomasa} = \frac{30.091 \frac{kW}{año}}{4,77 \frac{kWh}{kg}} \rightarrow C_{Biomasa} = 6.309 \text{ kg/año}$$

Algarrobo blanco: 4,88 kWh/año.

$$C_{Biomasa} = \frac{E_{TOTALREAL}}{PCI_{algarrobo\ negro}} \rightarrow C_{Biomasa} = \frac{30.091 \frac{kW}{año}}{4,88 \frac{kWh}{kg}} \rightarrow C_{Biomasa} = 6.166 \text{ kg/año}$$

Algarrobo negro: 5,35 kWh/año.

$$C_{Biomasa} = \frac{E_{TOTALREAL}}{PCI_{algarrobo\ negro}} \rightarrow C_{Biomasa} = \frac{30.091 \frac{kW}{año}}{5,35 \frac{kWh}{kg}} \rightarrow C_{Biomasa} = 5.625 \text{ kg/año}$$

Gas Natural: 12,722 kWh/año.

$$C_{Biomasa} = \frac{E_{TOTALREAL}}{PCI_{gas\ natural}} \rightarrow C_{Biomasa} = \frac{30.091 \frac{kW}{año}}{12,722 \frac{kWh}{kg}} \rightarrow C_{Biomasa} = 2.365 \text{ kg/año}$$

Gasóleo: 9,994 kWh/año.

$$C_{Biomasa} = \frac{E_{TOTALREAL}}{PCI_{gasóleo\ C}} \rightarrow C_{Biomasa} = \frac{30.091 \frac{kW}{año}}{9,994 \frac{kWh}{kg}} \rightarrow C_{Biomasa} = 3011 \text{ kg/año}$$

Las cantidades de Biomasa en kilogramos por año son:

Fuente Energía	Cantidad biomasa en un año [kg/año]
Biomasa	
Quebracho blanco	3.545
Quebracho colorado	6.309
Algarrobo blanco	5.625
Algarrobo negro	5.350
Fósiles	
Gas natural	2.365
Gasóleo C	3.011

Tabla 9. Cantidad de Biomasa kg/año.

Según podemos ver en la anterior tabla (Tabla 6), las cantidades necesarias de Biomasa son mayores que las cantidades de fuentes de energía que provienen de otras fuentes de energía diferentes de la Biomasa. Este hecho no significa que sean más rentables estas fuentes que las fuentes de Biomasa, de hecho la Biomasa es rentable económicamente por el hecho de que tiene un menor precio comparado con otras fuentes de energía y su impacto con el medioambiente es mucho menor por no decir inexistente.

En la siguiente tabla (Tabla 7) podemos observar los precios por kilogramo de materia, estos precios son orientativos y dependerán de varios factores como por ejemplo, el país donde se compren, el valor en ese momento de la materia en el mercado, etc.

Fuente Energía	Precio
Biomasa	
Quebracho blanco	0,75 €/kg Según distribuidor el precio puede variar.
Quebracho colorado	0,685 €/kg Según distribuidor el precio puede variar.
Algarrobo blanco	0,4045 €/kg Según distribuidor el precio puede variar.
Algarrobo negro	0,4045 €/kg Según distribuidor el precio puede variar.
Fósiles	
Gas natural	0,04939 €/kWh Tarifa Último Recurso, España 2015.
Gasóleo C	0,085 €/kWh IDAE – Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

Tabla 10. Precio combustible según distribuidor español

7.7. Práctica 4: Demostración de la viabilidad de una instalación de Agua Caliente Sanitaria con Biomasa utilizando un horno de leña.

En la práctica anterior se han mostrado los cálculos necesarios para la elección de una caldera de Biomasa existente en el mercado, así como la cantidad total de energía y combustible que necesitaría la vivienda a lo largo de un año.

En esta práctica se pretende mostrar de forma teórica y realizando un cálculo aproximado, que la utilización de los hornos de leña que existen actualmente en algunas regiones de Santiago del Estero, son totalmente válidos para su uso como caldera de Biomasa.

7.7.1. Objetivos de la práctica:

En esta práctica se pretende demostrar de forma teórica que el aprovechamiento de un horno de leña ya existente y utilizado diariamente para la cocción de pan y otras comidas, es totalmente compatible con el uso del horno de leña como caldera de Biomasa.



Ilustración 42. Campesinos utilizando un horno de leña.

Para aprovechar estos hornos de leña como caldera de Biomasa se va a diseñar una instalación de tuberías que irán de uno de los hornos de leña hasta un depósito de agua situado en la parte más elevada del edificio más cercano. Las tuberías del interior del horno formaran un serpentín que entraran al interior del horno de leña por un punto situado en la parte inferior y saldrá por el punto más elevado posible, acentuando de esta manera la diferencia de alturas entre la entra y salida de agua al horno de leña y poder así aprovechar la circulación natural del agua por diferencia de densidad.

Este serpentín se dirigirá al depósito de agua situado en la zona más elevada del edificio o vivienda más cercana, donde se almacenara la cantidad suficiente de Agua Caliente Sanitaria para abastecer las necesidades del edificio o vivienda.

Los cálculos y posibles diseños de las instalación que se realizaran a continuación son sólo un aproximación de los cálculos reales, esto es debido a que no ha sido posible realizar una toma de datos correctos en el lugar donde está situado el horno de leña por lo que las distancia reales pueden variar con respecto a las definidas.

7.7.2. Cálculo de los quilogramos de madera para el suministro de Agua Caliente Sanitaria:

En la anterior práctica se ha demostrado como calcular la potencia necesaria de la caldera para cubrir las necesidades de una vivienda de 70 m² donde vive una familia de cuatro personas.

En este caso se realizara el cálculo de cuantos quilogramos de madera son necesarios añadir para cubrir la demanda de energía de 30 litros/día de Agua Caliente Sanitaria.

Hipótesis de trabajo,

- Leña utilizada: Quebracho Colorado: 4200 kcal/Kg.
- Superficie vivienda: 70 metros².
- Demanda de Agua Caliente Sanitaria: 30 litros/día, C_{agua} .
- Circulación del agua no forzada, utilizando la diferencia de densidad entre agua caliente y fría.

Una vez sabemos la demanda de agua necesaria, es el momento de calcular la potencia de la caldera necesaria para cubrir la demanda de Agua Caliente Sanitaria, para ello aplicaremos la siguiente formula:

$$Demanda\ Agua\ Caliente\ Sanitaria \rightarrow D_{ACS} = C_{agua} \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Donde,

- D_{ACS} , es la potencia necesaria de la caldera para el suministro de Agua Caliente Sanitaria y la calcularemos en kcal/h.
- C_{agua} , es el caudal de agua necesario $C_{agua} = 30$ litros/día con densidad del agua de 1litro/kg. Definimos un tiempo de 8 horas para calentar los 30 litros de Agua Caliente Sanitaria, las 8 horas son un promedio de las horas que está funcionando el horno de leña al día.
- C_p , es el calor específico del agua, 1kcal/kg·°C. Esto significa que para aumentar en 1°C un litro de agua es necesario aplicarle 1 kcal.
- ΔT , es el salto térmico del agua, °C. Es la diferencia de temperatura entre el agua que entra al circuito y el agua que sale del calentador. En este caso fijaremos una temperatura de entrada de 10°C y una temperatura de salida de 60°C.

$$D_{ACS} = C_{agua} \cdot C_p \cdot \Delta T \rightarrow D_{ACS} = 30 \text{ litros} \cdot \frac{1 \text{ kcal}}{\text{litros} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (60^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) \rightarrow$$

$$\rightarrow D_{ACS} = 1500 \text{ kcal}$$

Para calcular la cantidad de madera de Quebracho colorado que hay que añadir al horno de leña para aumentar la energía generada en 1500kcal, usaremos la siguiente formula:

$$Cantidad_{Biomasa} = \frac{Energía_{TOTALREAL}}{Poder\ Carolífico\ Inferior} \rightarrow C_{Biomasa} = \frac{E_{TOTALREAL}}{PCI}$$

Donde,

- **Energía total:** 1500 kcal.
- **Poder calorífico inferior (PCI):** Quebracho Colorado 4200 kcal/Kg.

Calculo,

$$C_{Biomasa} = \frac{E_{TOTALREAL}}{PCI_{Quebracho}} \rightarrow C_{Biomasa} = \frac{1500 \text{ kcal}}{4200 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}} \rightarrow$$

$$\rightarrow C_{Biomasa} = 0'357 \text{ kg} = 357 \text{ gramos}$$

La cantidad de Quebracho colorado que hay que añadir al horno de leña para poder calentar 30 litros/día de agua es de 357 gramos. Esta cantidad seria la correcta si el horno de leña no tuviera perdidas térmicas por conducción, convección y radiación.

Para tener en cuenta las pérdidas térmicas del horno de leña, aplicaremos un rendimiento del 30% al horno de leña. Esto significa que hay que suministrar al horno de leña más cantidad de quebracho colorado y que de toda esta cantidad el 30% deben ser 357 gramos.

Para calcular la cantidad total de Quebracho colorado a añadir al Horno de leña debemos aplicar la siguiente formula:

$$Cantidad_{biomasa\ final} \rightarrow C_{biomasa\ final} = \frac{C_{Biomasa}}{\eta_{horno}}$$

Donde,

- $C_{Biomasa}$: 0357 kg
- Rendimiento horno [η]: 0'3

Calculo,

$$C_{biomasa\ final} = \frac{C_{Biomasa}}{\eta_{horno}} \rightarrow C_{biomasa\ final} = \frac{0'357kg}{0'3} \rightarrow C_{biomasa\ final} = 1,190kg$$

La cantidad de Quebracho colorado que hay que añadir cada día para usar el horno de leña como caldera de biomasa para calentar 30 litros/día de agua y que esto no afecte al uso normal del horno de leña es de 1'190kg.

Observando la cantidad final de Quebracho colorado que hay que añadir para usar el horno de leña como caldera de biomasa, podemos concluir que debido a que no es una gran cantidad de madera, la adaptación del horno para su uso como caldera de biomasa es del todo viable.

7.7.3. Diseño de la instalación:

Una vez demostrado que la utilización de los hornos de leña como caldera de biomasa para abastecer a las viviendas más próximas al horno de leña de Agua Sanitaria Caliente, es viable y no comporta un gran exceso de consumo diario extra de leña.

Es el momento de diseñar la posible futura instalación, para ello debemos tener presente varios conceptos, como por ejemplo:

- La instalación no dispondrá de bomba para forzar el movimiento del agua través de la tuberías, por lo que, es muy importante acentuar la pendiente entre las tuberías de agua caliente y agua fría.
- El acumulador de agua caliente debe situarse lo más alto posible, como por ejemplo encima de un tejado.
- La tubería que lleve el agua fría entrará por el punto más bajo al horno de leña, mientras que la tubería que retorne el agua caliente al depósito saldrá del horno de leña por el punto más alto posible. De esta manera acentuaremos la diferencia de altura entre el agua fría y caliente.
- Debemos intentar que las tuberías siempre tengan un mínimo de inclinación positiva para facilitar el movimiento del agua caliente y fría por diferencia de densidades.
- Se deben tomar medidas para evitar las pérdidas de calor en la tubería de agua caliente y el depósito, para ello podemos recubrir las tuberías que transporten el agua caliente con algún aislante del que se disponga, por ejemplo cartón, paja, etc. para evitar las pérdidas del depósito podemos ubicarlo dentro de un horno solar construido a medida para ubicar el depósito entero.

Las tuberías dentro del horno de leña serán como las de la siguiente imagen.

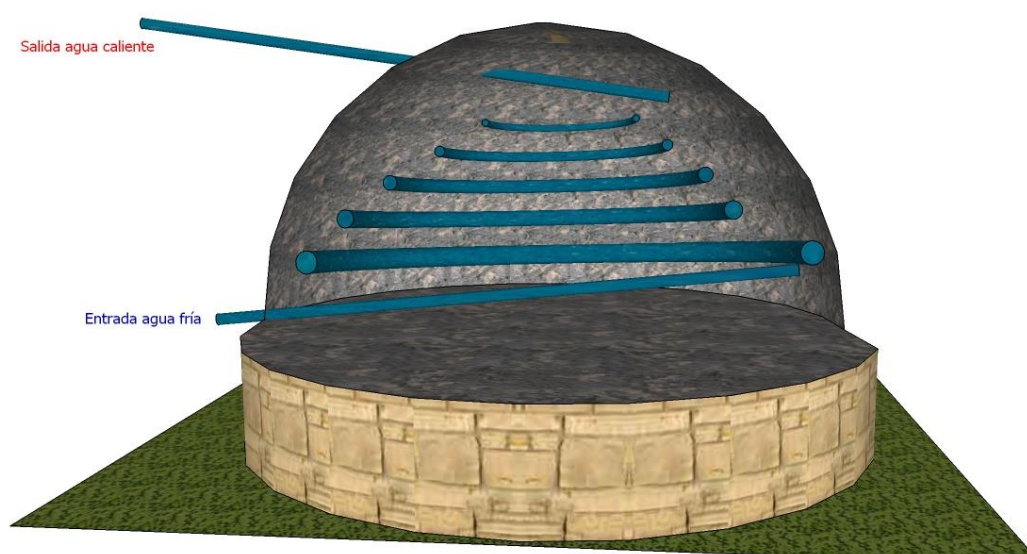


Ilustración 43. Croquis tuberías interior horno de leña.

Siempre que sea posible las tuberías deberán tener una pequeña inclinación positiva, como se muestra en la *Ilustración 4*. Al ser una instalación sin una bomba que fuerce el agua a circular, hay que facilitar el movimiento natural del agua por diferencia de densidad entre agua caliente y agua fría y este sencillo hecho facilitará la circulación del agua.

La adaptación del horno de leña para su utilización como caldera de biomasa tiene tres grandes puntos importantes.

1. La entrada de la tubería al horno, la tubería debe entrar al horno de leña por el punto más bajo posible e ir subiendo por el interior del horno de leña formando una espiral hasta salir por el punto más alto posible. Es muy importante que la espiral que se forme este ligeramente inclinada para facilitar el flujo del agua dentro de las tuberías.
2. La salida de la tubería del horno, la tubería que salga del horno ya transportará agua caliente hasta el depósito donde se almacenará. Para facilitar el flujo del agua la tubería ascenderá hasta el depósito manteniendo la inclinación. Para evitar las pérdidas térmicas en el tramo de tuberías que hay entre la salida del horno de leña y el depósito es aconsejable forrar las tuberías con material aislante del que se disponga.
3. El depósito de almacenaje del agua caliente se ubicará en una zona más elevada que el horno de leña, esto facilitará el flujo del agua dentro de las tuberías y la distribución del agua en la vivienda. Para evitar las pérdidas térmicas en el depósito y aumentar la efectividad de la instalación se puede ubicar el depósito dentro de un horno solar adaptado a las medidas del depósito. Esto aumentará la temperatura del depósito durante las horas de sol y reducirá las pérdidas térmicas durante las horas que no haya sol o el horno no funcione.

7.7.4. Coste de la adaptación del horno solar para su uso como caldera de biomasa.

El material para la realización del Horno solar 30-60 se compra en el suministrador de la zona, dependiendo del país donde se compren los materiales, estos pueden variar ligeramente su precio aumentándolo o disminuyéndolo.

Para el caso práctico que nos ocupa el material se obtiene en unos grandes almacenes distribuidores de material para el bricolaje.

Descripción	Unidades	Coste (€)
Tubería cobre longitud = 35 metros, diámetro= 18mm	1	149,95 €
Depósito contenedor de agua capacidad= 100 litros	1	34,90 €
Entronque soldar-roscar macho latón	2	2,30 €
TOTAL		187 €

Tabla 11. Coste adaptación del horno de leñas para uso como caldera de biomasa.

8. Energía Eólica.

La Energía Eólica, es toda aquella que se produce utilizando la fuerza del viento como fuente de energía a través de diferentes tecnologías. La fuerza del viento se convierte en energía eléctrica o mecánica.

Se cree que aproximadamente entre un 1% y 2% de la Energía Solar que recibe la Tierra se convierte en viento, sólo el aprovechamiento de esta energía sería suficiente para cubrir la demanda energética de toda la humanidad durante un año entero.

La Energía Eólica es una de las primeras formas de obtener energía que utilizó la humanidad. Uno de los primeros usos fue para obtener Energía Eólica Mecánica.

La Energía Eólica Mecánica se puede obtener a través de molinos de viento o Aerobombas y eran utilizados para moler los granos de cereales o bombear agua de un pozo. Se cree que los primeros molinos de viento utilizados para obtener Energía Eólica Mecánica fueron construidos en Afganistán (Asia) en el siglo VII.

Antes de estos molinos de viento la humanidad ya aprovechaba la fuerza del viento para navegar por océanos, mares y ríos utilizando barcos con grandes velas que eran impulsadas por corrientes de aire.

Para obtener Energía Eólica Eléctrica del viento es necesario aplicar una tecnología totalmente diferente a la necesaria para obtener energía mecánica. Para ello se utilizan Aerogeneradores. Con un Aerogenerador se puede generar energía eléctrica para ser consumida en el momento, para almacenarla en baterías o para abastecer una gran red de distribución eléctrica.

8.1. Energía Eólica: ventajas y desventajas.

La Energía Eólica, aunque sea una fuente de recursos energéticos renovables también tiene sus ventajas y desventajas.

Ventajas:

- Fuente de recursos renovables, el uso de recursos renovables evita el uso de fuentes de energía no renovables. Las fuentes de recursos no renovables emiten gran parte de los gases que provocan el Efecto Invernadero, estos gases son los culpables del cambio climático.
- Es una energía barata y sin residuos, con el paso de los años y las mejoras en los Aerogeneradores, la Energía Eólica Eléctrica ha reducido enormemente el coste de producción de la energía eléctrica. El proceso de obtención de energía eléctrica no produce ningún residuo, este hecho también influye en el coste final de la energía, ya que no se deben procesar los residuos finales.
- La tecnología es sencilla, con el paso de los años han salido al mercado pequeños Aerogeneradores con los que obtener una producción de electricidad lo suficientemente grande para cubrir la demanda eléctrica de una o varias viviendas.
- Permite el uso del espacio para otros usos, el uso de grandes extensiones de terreno para la instalación de Aerogeneradores, no implica que no se pueda utilizar el terreno para explotaciones agrícolas, ganaderas, etc.

Desventajas:

- Gran impacto visual, el hecho de la instalación de campos de Aerogeneradores lleva consigo un gran impacto visual. Donde antes sólo se veían campos, montañas, naturaleza, etc. ahora también se observan enormes torres con aspa giratorias de entre 30 a 90 metros de diámetro.
- Impacto sobre la flora y fauna, la creación de un campo de Aerogeneradores causa un gran impacto sobre la flora y fauna de la zona, ya que es necesario la construcción de caminos, grandes cimientos sobre los que instalar los Aerogeneradores, equipamiento, edificios. Un parque de Aerogeneradores puede llegar a cambiar la ruta migratoria de algunas aves y provocar la muerte al impactar sobre ellas.
- Interferencias en las ondas de telecomunicación, el gran tamaño de un Aerogenerador puede afectar a las ondas electromagnéticas que se envían por el aire para las telecomunicaciones, haciendo que la señal que se recibe sea más débil o incluso nula.

8.2. El Aerogenerador.

Un Aerogenerador puede producir energía eléctrica o mecánica gracias a la ayuda del viento. El funcionamiento básico de un Aerogenerador puede resultar relativamente fácil de entender.

8.2.1. Funcionamiento de un Aerogenerador

El funcionamiento de un Aerogenerador empieza cuando el viento impacta sobre las palas del Aerogenerador, esto provoca que las palas se muevan creando un movimiento circular. Este movimiento circular se transmite a al buje, el buje es la parte del Aerogenerador encargada de transmitir el movimiento de las palas a un eje transmisor. El eje transmisor está conectado a una caja de engranajes que hace la función de multiplicador de la velocidad de giro. De la caja de engranajes sale otro eje transmisor que gira a mayor velocidad, este eje transmisor rápido está conectado a un generador eléctrico donde se genera la electricidad.

En el caso de que la electricidad sea inyectada a la red eléctrica después del generador eléctrico hay un transformador eléctrico que eleva la tensión para poder transportarla hasta los núcleos de población más cercanos.

8.2.2. Partes de un Aerogenerador.

Un Aerogenerador está formado por diferentes partes, las principales partes del Aerogenerador son:

1. **Cimentación o Base:** es una base formada por cemento armado donde se ancla el Aerogenerador al suelo. Es una parte muy importante del Aerogenerador, ya que una mala cimentación o Base puede suponer la caída de todo el Aerogenerador.
2. **Torre:** soporta la Góndola a la altura ideal para aprovechar al máximo las corrientes de aire de la zona donde se instala el Aerogenerador. A través de la Torre se puede acceder a la parte superior del Aerogenerador mediante una escalera o ascensor, paralelamente a la escalera o ascensor se instala todo el cableado encargado de transportar la energía eléctrica a su destino final.
3. **Góndola:** En el interior de la Góndola se instalan todos los elementos básicos para el funcionamiento del Aerogenerador. La Góndola se haya ubicada en la parte superior del Aerogenerador y se accede a través de la Torre para poder realizar el mantenimiento necesario.

4. **Palas o Hélices:** Las Palas o Hélices es la parte del Aerogenerador encarga de captar la energía del viento y transmitirla hacia el Rotor. Las Palas o Hélices se construyen con material ligero y resistente y su diseño es parecido al de las alas de los aviones.
5. **Rotor:** El Rotor es el encargado de captar la energía cinética del viento y convertirla en energía rotativa en el eje de baja velocidad. El Rotor está dotado de un freno que actúa cuando la velocidad del viento puede ser peligrosa para el Aerogenerador.
6. **Multiplicador:** El Multiplicador se ocupa de elevar la velocidad de giro del eje de baja velocidad y la transmite a un eje de alta velocidad.
7. **Anemómetro y Veleta:** estos dos elementos son los encargados de recoger datos tales como la velocidad del viento (Anemómetro) y la dirección del viento (Veleta). Estos dos parámetros son utilizados para orientar las Palas o Hélices del Aerogenerador para aprovechar al máximo la fuerza del viento y frenar las Palas o Hélices si el viento es demasiado fuerte y puede causar daños en el Aerogenerador.

8.3. Tipos de Aerogeneradores.

Los Aerogeneradores se pueden clasificar en dos grandes grupos, esta clasificación se realiza en función de la posición del Rotor. De este modo podemos clasificarlos por:

- Aerogeneradores de Eje Horizontal.
- Aerogeneradores de Eje Vertical.

8.3.1. Aerogeneradores de Eje Horizontal.

Los Aerogeneradores de Eje Horizontal son los más usados, su utilización va desde extensos campos de Aerogeneradores para generar grandes cantidades de Energía Eléctrica para suministrar poblaciones enteras hasta la generación de energía Eléctrica para una casa aislada del suministro eléctrico.

Deben su nombre de Aerogeneradores de Eje Horizontal al hecho que el Rotor está situado paralelo al suelo. Los elementos como el Multiplicador, Generador, Anemómetro y Veleta, Palas, Rotor, etc. se encuentran en la Góndola.

Dentro de los Aerogeneradores de Eje Horizontal se puede realizar otra clasificación:

- Dependiendo del número de palas del Aerogenerador.
- Dependiendo de la orientación del Aerogenerador respecto al viento.

8.3.1.1. Aerogeneradores Eje Horizontal: Número de palas.

Según el número de palas que tenga el Aerogenerador podemos diferenciar hasta cuatro tipos de Aerogeneradores.

- **Aerogenerador Monopala:** son Aerogeneradores con una sola pala o hélice. Para compensar el peso de la pala, se instala un contrapeso opuesto a la pala. El coste de los Aerogeneradores Monopala es menor gracias al ahorro de material que supone el tener sólo una pala. La velocidad de giro es mayor que los Aerogeneradores con más palas pero la vida útil del equipo es menor ya que debe soportar fuerzas variables debidas a la alta velocidad y al hecho de tener solamente una pala.
- **Aerogeneradores Bipala:** son Aerogeneradores con dos palas o hélices. Este tipo de Aerogeneradores no necesita de contrapeso, ya que las palas se contrarrestan el peso entre ellas. Al igual que los Aerogeneradores Monopala, el coste es inferior a otros Aerogeneradores con más palas y la velocidad es mayor pero la vida útil del equipo también es menor.
- **Aerogeneradores Tripala:** son Aerogeneradores con tres palas o hélices. Este tipo de Aerogeneradores tampoco necesita de contrapeso ya que el peso de una pala o hélice se reparte entre las otras dos. El modelo de Aerogenerador Tripala es el más extendido en el mercado y podríamos decir que prácticamente la totalidad de Aerogeneradores instalados son Tripala.



Ilustración 44. Aerogeneradores Eje Horizontal Monopala, Bipala, Tripala.

8.3.1.2. Aerogeneradores Eje Horizontal: Orientación según viento.

Los Aerogeneradores de Eje Horizontal, deben orientarse a favor o en contra del viento.

Sotavento: el viento llega a las Hélices por el lado de la Góndola. Tanto la Góndola como las Hélices tienen un diseño especial. Este método de orientación presenta más pérdidas de lo normal, esto es debido a que el viento entra al Aerogenerador por el lado de la Góndola y tanto la Góndola como la Torre hacen un efecto de pared y evitan que el viento mueva las Hélices.

Barlovento: el viento entra al Aerogenerador por el lado de las Hélices, este método de orientación presenta menos pérdidas que el Sotavento ya que el viento impacta directamente a las Hélices. Los Aerogeneradores que usan la orientación por Barlovento necesitan un dispositivo orientador para encararse al viento. Este tipo de orientación es el más usado en los Aerogeneradores.

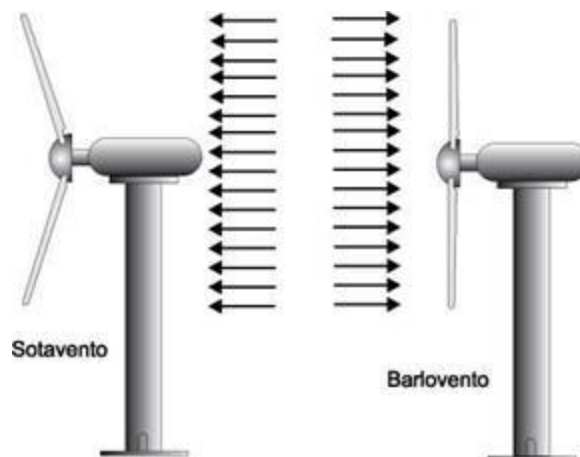


Ilustración 45. Aerogenerador Eje Horizontal Sotavento y Barlovento.

Los Aerogeneradores de Eje Horizontal son los más usados, su utilización va desde extensos campo de Aerogeneradores para generar grandes cantidades de Energía Eléctrica para suministrar poblaciones enteras hasta la generación de energía Eléctrica para una casa aislada del suministro eléctrico.

Deben su nombre de Aerogeneradores de Eje Horizontal al hecho que el Rotor está situado paralelo al suelo. Los elementos como el Multiplicador, Generador, Anemómetro y Veleta, Palas, Rotor, etc. se encuentran en la Góndola.

8.3.2. Aerogeneradores de Eje Vertical.

Los Aerogeneradores de Eje Vertical tiene el Rotor perpendicular al suelo. Esto hecho provoca que elementos como el Multiplicador, Generador, Anemómetro y Veleta, Rotor, etc. estén situados en la parte inferior del equipo, motivo por el cual no necesitan una torre para elevar todos estos elementos y tampoco necesitan un mecanismo de orientación ya que pueden recibir el viento de cualquier dirección. Por lo contrario, el hecho de que la Góndola este situada en la parte inferior del equipo provoca que para realizar según qué tipo intervención de mantenimiento en el equipo sea necesario desmontar el Rotor y las Hélices.

8.3.2.1. Tipos de Aerogeneradores de Eje Vertical.

Podemos encontrar varios modelos del grupo de Aerogeneradores de Eje Vertical pero, algunos de los modelos más extendidos dentro de los Aerogeneradores de Eje Vertical son:

- **Savonius:** este Aerogenerador fue inventado por Sigurd J. Savonius en 1922 (2 de noviembre de 1884 - 31 de mayo de 1931, Finlandia). El Aerogenerador Savonius es de los más simple, económicos y fáciles de utilizar que existen y consiste en dos Hélices opuesta que se superponen en el centro. Visto desde la parte superior, las Hélices forman una letra "S". Un Aerogenerador con Hélices Savonius es utilizado en los casos que el coste del Aerogenerador es más importante que la eficiencia y la potencia a generar es pequeña.

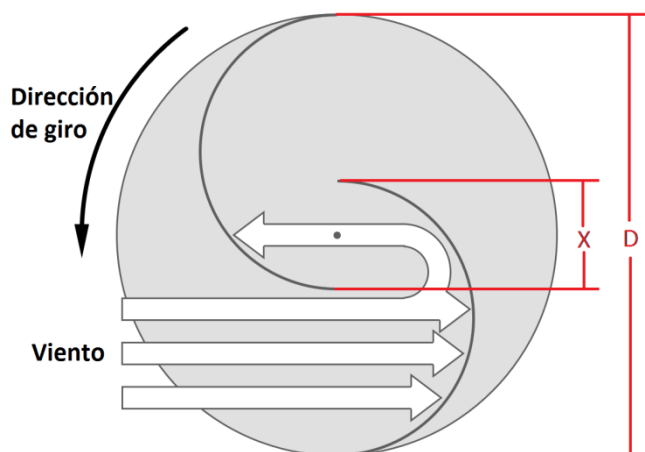


Ilustración 46. Rotor Savonius vista superior.

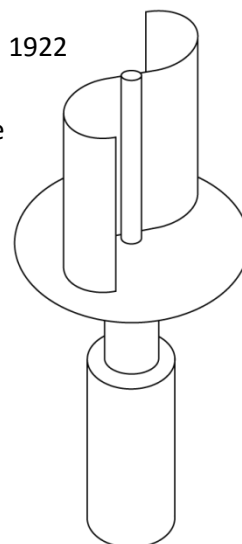


Ilustración 47. Rotor Savonius.

Se recomienda que la distancia “X” que se superponen entre si las hélices sea una 1/6 parte del Diámetro “D” de las mismas hélices.

$$X = \frac{D}{6} \text{ [metros, m]}$$

La velocidad de giro de un Savonius viene dada por

$n_{\text{aerogenerador}} = \frac{60 \cdot V \cdot \lambda}{\pi \cdot D}$ [revoluciones por minuto rpm] , esta velocidad dependerá en gran medida de la carga que arrastre el Aerogenerador.

Donde,

λ : velocidad específica es un valor propio de cada tipo de hélice, para hélices Savonius

$\lambda=1$

D: diámetro del rotor [metros, m].

V: la velocidad del viento [metros/segundo, m/s]

π : 3,1416

La potencia generada por un Savonius viene dada por:

$$P_{\text{MAX}} = 0.18 \cdot h \cdot D \cdot V^3 \text{ [Wattios, W]}$$

Donde,

h: la altura de las hélices [metros, m].

D: diámetro del rotor [metros, m].

V: la velocidad del viento [metros/segundo, m/s]

- **Darrieus:** el Aerogenerador Darrius debe su nombre su inventor G.J.M. Darrieus, que invento i patentó el primer modelo en 1931. El diseño de un Aerogeneradores Darrieus es bastante más complejo que otros Aerogeneradores de Eje Vertical como puede ser el Savonius.

Los Aerogeneradores Darrieus tienen entre dos y tres hélices que hacen girar el rotor cuando el viento impacta sobre ellas, aunque existen muchos diseños derivados del diseño original. El uso de este tipo de Aerogeneradores va decayendo con el paso de los años debido a que dependiendo de la posición de las hélices con respecto al viento, el Aerogenerador no produce energía o incluso deja de inyectar energía a la red eléctrica para pasar a consumirla. Este fenómeno sucede cuando las Hélices están completamente en perpendicular a la dirección del viento.

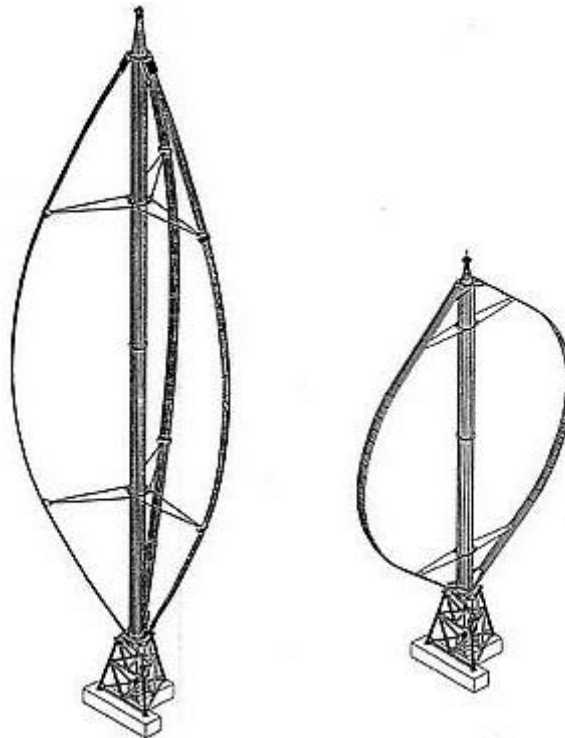


Ilustración 48. Aerogeneradores Darrieus.

- **Giromill:** el Aerogenerador Giromill o también conocido como tipo H, es una variante del Aerogenerador Darrieus.

El Giromill se basa en unas Hélices completamente verticales y unidas al eje central por unos brazos horizontales, esta unión puede realizarse en los extremos de las Hélices como por su centro. Son máquinas diseñadas para ser usada con fines domésticos ya que pueden trabajar con vientos de entre [3 a 25] m/s y producir una potencia aproximada de unos 700Wattios.

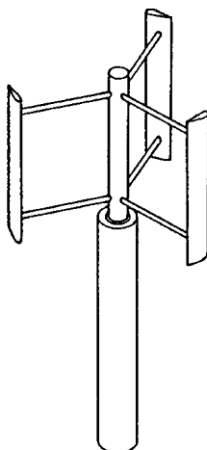


Ilustración 49. Aerogenerador Giromill.

8.4. Energía Eólica: Potencia de un Aerogenerador.

El viento al igual que cualquier otra fuente de energía, genera una potencia que depende de varios factores. En el caso del viento estos factores son la densidad del aire, el área de barrido de las hélices del generador y la velocidad del viento. La potencia disponible en el viento se puede calcular usando la siguiente formula.

$$\text{Potencia}_{\text{viento}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \text{ [Wattios, W]}$$

Donde,

ρ = Densidad del aire [kg/m^3]

A = es el área de barrido de las hélices [m^2]

V = velocidad del viento [m/s]

8.4.1. Densidad del aire.

La Densidad del aire es la cantidad de masa de aire [kg] que hay en un determinado volumen [m^3]. Cuanto mayor sea la densidad del aire, mayor será la energía del aire que se podrá aprovechar.

La densidad del aire no es un parámetro que se pueda controlar ya que depende de las condiciones meteorológicas de cada zona y está relacionada con la temperatura y presión. Cuanto mayor sea la temperatura menor densidad del aire y al revés con la presión, a mayor presión mayor densidad del aire.

Temperatura [$^{\circ}\text{C}$]	Densidad del aire [kg/m^3]
35	1.1455
30	1.1644
25	1.1839
20	1.2041
15	1.225
10	1.2466
5	1.269
0	1.292
-5	1.3163
-10	1.3413
-15	1.3673

Tabla 12. Densidad del aire según temperatura.

8.4.2. Área de barrido.

El Área de barrido de un Aerogenerador depende de la longitud de las hélices, cuanto mayor sea la longitud de las hélices mayor será el área de barrido y mayor será la potencia que sea capaz de generar el Aerogenerador. Para los Aerogeneradores de eje horizontal o cualquier hélice que dibuje un círculo, el área de barrido se calcula con:

$$\text{Área de barrido} = \pi \cdot r^2 [m^2]$$

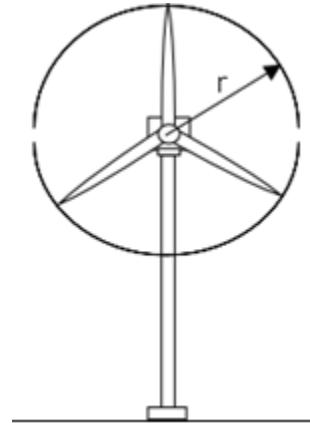


Ilustración 50. Área de barrido Aerogenerador Tripala.

Para encontrar el Área de barrido de las hélices que no dibujen un círculo hay que utilizar otra fórmula y esta dependerá del tipo de dibujo que dibujen las hélices al girar.

8.4.3. Velocidad del viento

La velocidad del viento es de los tres parámetros, el más importante. La elección de una ubicación incorrecta del Aerogenerador puede significar que el Aerogenerador no funcione por falta de viento o se destruya por exceso de viento.

En el caso de los parques Eólicos, para determinar la ubicación de un Aerogenerador primero debemos conocer si la zona en la que se quiere instalar un aerogenerador no está protegida por ley, por ser una zona rica en flora y fauna, una zona de paso de aves migratorias, etc.

Una vez se identifica una zona que puede resultar útil para la ubicación de un Aerogenerador, se consultan los Atlas Eólicos de cada zona (si dispone de ellos), estos atlas son fuentes de datos que se han recogido durante un período de tiempo por sensores ubicados en la zona.

Sin embargo, será el trabajo de campo en el lugar *in situ* escogido el que acabe de determinar si la ubicación deseada es correcta para la instalación de un parque eólico.

En el caso de un aerogenerador para uso doméstico, los parámetros que se deben tener en cuenta son diferentes, como la ubicación en un punto elevado, la distancia en el aerogenerador y obstáculos que puedan crear turbulencias en el viento, etc.

Para evitar este efecto, es aconsejable seguir este esquema. Turbulencias

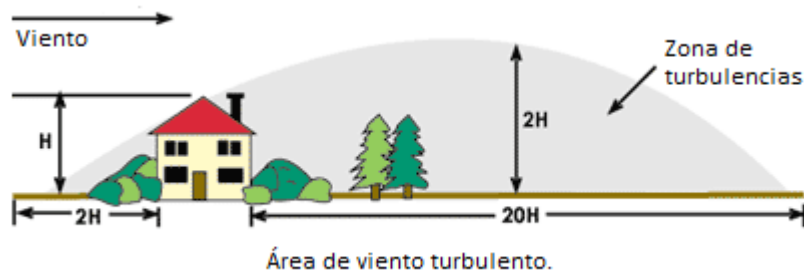


Ilustración 51. Área de viento Turbulento.

8.4.4. Coeficiente de Potencia y la Ley de Betz.

La potencia que se puede extraer del viento nunca será equivalente a toda la potencia que transporta el viento, sino que dependerá del tipo de Aerogenerador que se use. Para calcular la potencia que el Aerogenerador puede extraer del viento, debemos multiplicar la potencia del viento por el Coeficiente de Potencia de tal manera que:

$$\text{Potencia}_{\text{aerogenerador}} = C_p \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \right) [\text{Wattios, W}]$$

Donde,

C_p = Coeficiente de potencia, depende del Aerogenerador escogido.

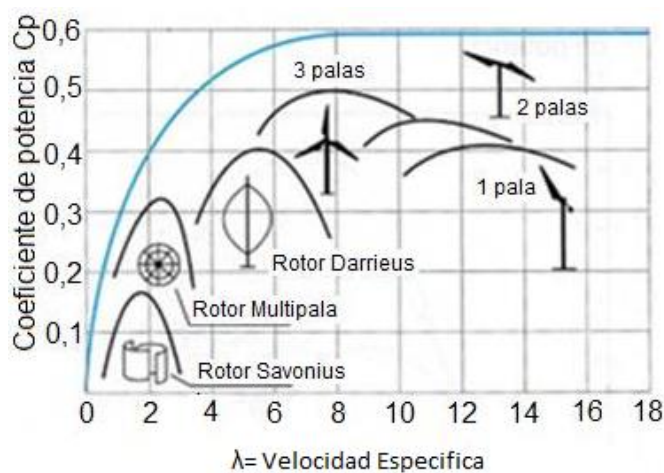


Ilustración 52. Coeficiente de potencia según Aerogenerador.

Albert Betz fue un físico alemán que en 1919 demostró lo que se acabó conociendo como la Ley de Betz.

Albert Betz demostró de manera matemática y física que el Coeficiente de potencia máximo que se puede extraer de un Aerogenerador es aproximadamente del $\frac{16}{27} \approx 0,59$. Tal y como se puede observar en la *Ilustración. 9* el Coeficiente de Potencia máximo que podemos obtener de un Aerogenerador es aproximadamente del 0,59.

8.5. Energía eólica: la tecnología actual.

La energía Eólica tiene un presente asegurado y futuro más que prometedor, es seguramente la fuente de energía renovable que más ha avanzado tecnológicamente en los últimos tiempos.

El crecimiento del uso de la energía eólica ha crecido de tal manera que las ubicaciones terrestres donde instalar los campos de aerogeneradores eólicos es rentable debido a los vientos de la zona son cada vez más escasas. Este motivo ha provocado la creación de campos de aerogeneradores eólicos dentro del mar.

Los campos de aerogeneradores eólicos dentro del mar reciben el nombre de *offshore* o fuera costa. Se ha demostrado que las instalaciones *offshore* tienen una producción media del orden de un 20% superior a los campos terrestres, esto es debido a la regularidad del mar, que no existen obstáculos, la rugosidad del mar es menor a la tierra y esto provoca un menor número de pérdidas. Los países europeos punteros en los campos *offshore* son Dinamarca y el Reino Unido.

Los campos *offshore* están ideados para la producción de energía eléctrica para inyectarla a la red, para suministrar electricidad a poblaciones o instalaciones cerca de la costa, países con gran densidad de población donde instalar campo de aerogeneradores terrestres puede llegar a ser un problema.

El mayor campo de aerogeneradores offshore que produce electricidad es el London Array (Reino Unido) y es capaz de producir hasta 630MW. Ocupada una superficie estimada de 100km², tiene unos 450km de cables submarinos, dispone de 175 aerogeneradores, evita la emisión de 900.000 toneladas de dióxido de carbono y se tardaron 12 meses en colocar todos los aerogeneradores.



Ilustración 53. Campo *offshore* London Array

8.6. Práctica 5: Construcción de un Aerogenerador Savonius.

A continuación se intentará explicar los materiales, conceptos básicos y pasos a seguir para la construcción de un Aerogenerador Savonius. Lo que se pretende es utilizar materiales reciclados y económicos que se puedan encontrar fácilmente en cualquier lugar y que nos permitan la construcción de un Aerogenerador Savonius para uso doméstico.

No se darán instrucciones estrictas a seguir al pie de la letra ya que la construcción del Aerogenerador dependerá del material y herramientas que estén disponibles. El principal objetivo es explicar de manera práctica los conceptos básicos para poder realizar un Aerogenerador doméstico adaptando los materiales disponibles en ese momento.

8.6.1. Material para un Aerogenerador doméstico.

Para la construcción de un Aerogenerador Savonius doméstico necesitaremos el siguiente material:

- Un tubo metálico, la función del tubo metálico es la de realizar las funciones de eje. El eje es el punto de unión de las dos hélices del Aerogenerador Savonius que se pretende construir. En un extremo del tubo irá unida la rueda de bici y en el otro un cojinete. El diámetro del tubo metálico dependerá del eje de la rueda escogido,
- Rueda delantera de una bici, este elemento es el encargado de realizar la función de Rotor del Aerogenerador Savonius doméstico. El Rotor es el elemento encargado de transmitir la fuerza del viento que captan las hélices al generador. Para este ejemplo la rueda tiene un diámetro de 60cm.
- Un motor/generador eléctrico, la característica más importante que debe tener nuestro motor es que nos dé una tensión útil de unos 12 Voltios a revoluciones muy bajas.
- Listones de madera o perfiles metálicos, con estos materiales se debe construir una estructura donde ubicar el Aerogenerador Savonius que se construirá.
- Bidón, para el ejemplo se escoge un bidón de plástico de altura= 40'6cm y diámetro= 29'3cm.
- Dos cojinetes, los cojinetes irán unidos a la estructura final y son los elementos que nos permitirán unir la estructura con el eje y que el eje pueda girar libremente.
- Tornillos y Tuercas.
- Abrazaderas, para sujetar la horquilla (Rotor) a la torre.
- Cables eléctricos.
- Escuadras y tornillos para sujetar el bidón a la estructura.
- Cable eléctrico y regletas de conexión.
- Correa, la correa es la encargada de transmitir el giro de las hélices al generador eléctrico.

8.6.2. Coste Aerogenerador Savonius doméstico.

El material para la realización del Horno solar 30-60 se compra en el suministrador de la zona, dependiendo del país donde se compren los materiales, estos pueden variar ligeramente su precio aumentándolo o disminuyéndolo.

Para el caso práctico que nos ocupa el material se obtiene en unos grandes almacenes distribuidores de material para el bricolaje.

Descripción	Unidades	Coste (€)
Bidón de plástico de altura= 40'6cm y diámetro= 29'3cm.	1	22,00 €
Escuadra de ángulo 30x30 mm	20	4,40 €
Perfil acero laminado frío gris grafito [10x10x1] mm longitud: 1m	9	20,25 €
Tubo redondo acero inoxidable gris plata [12x1]mm longitud: 1m	1	11,10 €
Correa de transmisión	1	47,95 €
Motor DC	1	22,75 €
Paquete 35 tornillos autoroscantes longitud: 13mm diámetro: 4,2	3	6,00 €
TOTAL		134 €

Tabla 13. Coste material aerogenerador Savonius doméstico.

8.6.3. Aerogenerador doméstico, paso a paso.

Paso 1: Construcción de las hélices

Para la construcción de las hélices del Aerogenerador Savonius doméstico, no basta con coger cualquier objeto que tenga forma cilíndrica y cortarlo por la mitad de manera que dispongamos de dos mitades iguales. Se pueden usar cubos, tuberías, bidones, depósitos, etc. pero siempre deben cumplir el requisito de tener una forma cilíndrica.

Para el caso práctico que nos ocupa usaremos un bidón de unos 120 litros de capacidad y unas dimensiones de altura= 40'6cm y diámetro= 29'3cm. De tal manera que una vez cortado por la mitad dispondremos de dos mitades iguales de altura= 40'6cm y diámetro= 29'3cm. Es importante que las hélices tengan de tapas en los extremos, por lo que el tapón del bidón también debe contarse. En el caso de no disponer de tapas en los extremos deberemos fabricar unas que se adapten a las hélices.



Ilustración 54. Bidón empleado para construir las hélices.

Paso 2: Construcción de la estructura

Para el Aerogenerador Darrius doméstico se deben construir dos estructuras. La primera de ellas tiene la función de sujetar todo el Aerogenerador. La segunda estructura a construir es el soporte donde se unirán las hélices. Las dos estructuras deben jugar un papel importante en el Aerogenerador por lo que es muy importante que sean lo suficientemente robustas para aguantar todo el peso de las hélices y la fuerza del viento.

- A. Estructura para las hélices: la primera estructura que se debe construir es la que sujetara las hélices del aerogenerador Savonius. Las dimensiones de esta estructura dependerán del tamaño de las hélices fabricadas anteriormente. La estructura final deberá tener un diseño similar al de la *Ilustración. 11*

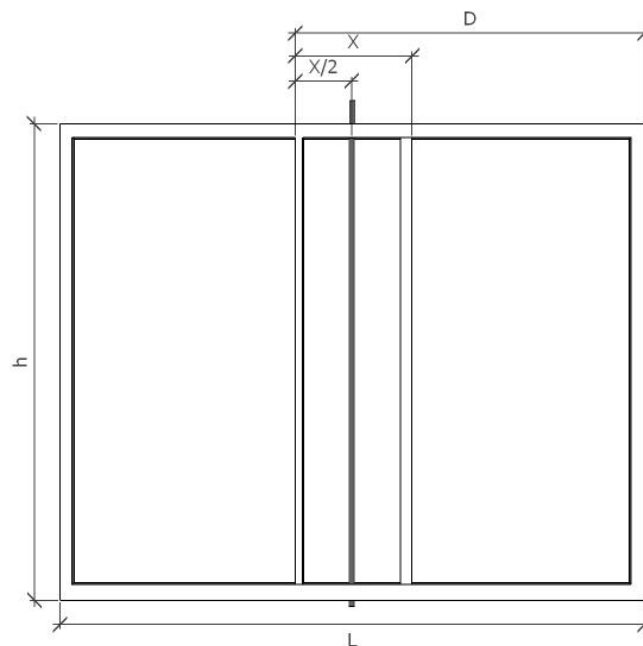


Ilustración 55. Croquis estructura soporte hélices.

Donde,

H, es la altura de las hélices.

D, es el diámetro de las hélices.

X, es la distancia que se sobreponen las hélices entre ellas.

$$X = \frac{D}{6} \text{ [metros, m]}$$

$X/2$, es la distancia entre el eje central de la estructura y el perfil donde se unen las hélices con la estructura.

L, es la anchura total de la estructura y se puede calcular con $L = 2 \cdot [D - \frac{X}{2}]$

Si tenemos en cuenta las medidas de las hélices del caso práctico, la estructura encargada de soportar las hélices es:

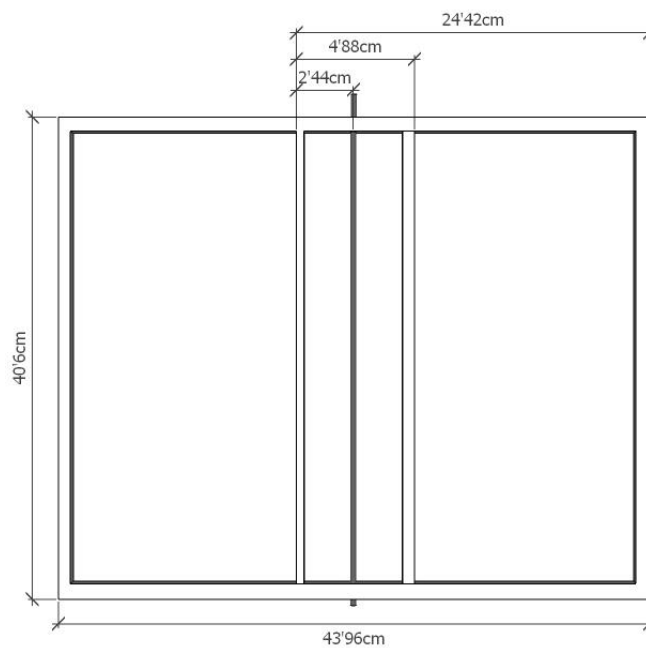


Ilustración 56. Estructura hélices Savonius doméstico.

- B. Estructura principal o estructura “U” del Aerogenerador: una vez construidas las hélices y la estructura donde irán sujetas, es momento de construir la estructura principal del Aerogenerador Savonius doméstico. Las dimensiones de esta estructura dependerán de las dimensiones de la estructura que sujeta las hélices. Esta estructura deberá tener un diseño en forma de letra “U” invertida, de la manera que se muestra en la *Ilustración. 13*, deberán construirse dos estructuras iguales.

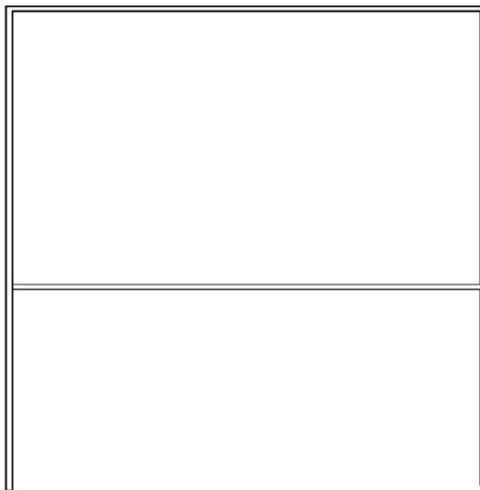


Ilustración 57. Estructura principal Aerogenerador Savonius.

Para el caso práctico que nos ocupa las dimensiones de esta estructura deberán ser de la siguiente manera:

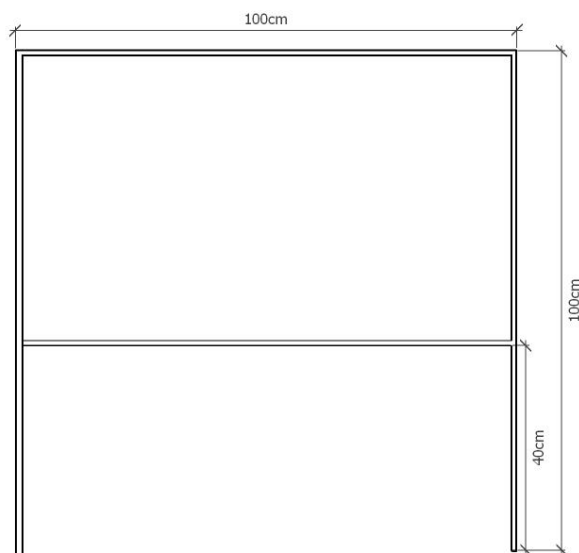


Ilustración 58. Estructura Savonius doméstico.

Las estructuras “U” formaran la estructura principal, para ello deben unirse entre ellas de tal manera que si las viéramos desde una posición elevada veríamos que forman un cruz.



Ilustración 59. Estructura Savonius doméstico vista aérea.

Paso 3: Ensamblaje de la estructura para hélices y las hélices

Ahora es el momento de realizar el ensamblaje de las hélices construidas en el Paso 1 (*Paso 1: Construcción de las hélices*) a la estructura que se ha construido en el Paso 2 (*Paso 2: Construcción de la estructura*).

Para realizar la unión de las hélices con la estructura, vamos a emplear escuadras de 90º de inclinación (*Ilustración 16*), es la anchura de los perfiles utilizados para realizar las estructuras. De modo que de los dos ejes que forman la escuadra uno estará unido a las hélices y el otro a la estructura que debe sujetarlas. Para realizar la sujeción de las escuadras a las hélices y a la estructura emplearemos tornillos, arandelas y tuercas del métrico indicado para la escuadra utilizada.

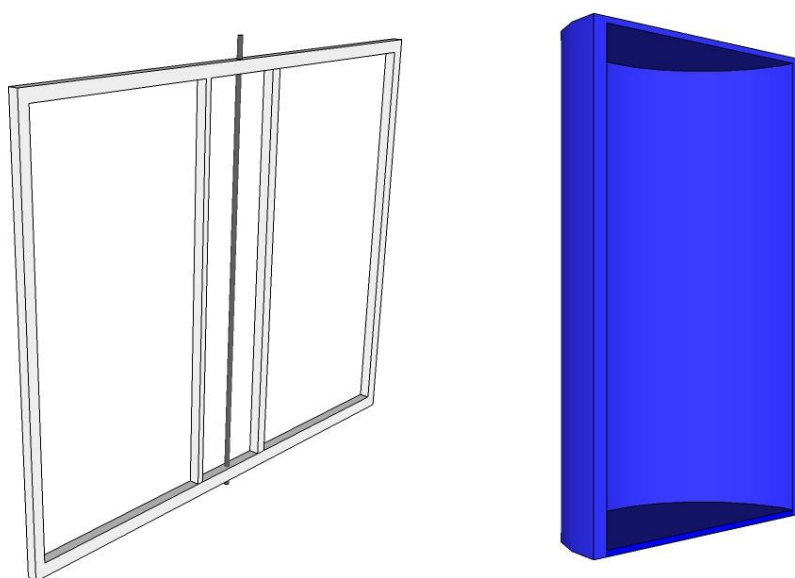


Ilustración 60. Estructura para las hélices y hélices.

El montaje final una vez ensambladas las hélices con la estructura debe ser el siguiente:



Ilustración 61. Ensamblaje de la estructura para hélices y hélices.

Una vez realizados el ensamblaje de las hélices con la estructura, el siguiente paso a realizar es la unión de la rueda de bicicleta y el eje de las hélices. Para ello debemos quitar el eje propio de la rueda de bicicleta y sustituirlo por el eje de la estructura de tal manera que nos quedara una estructura como la que se muestra a continuación.

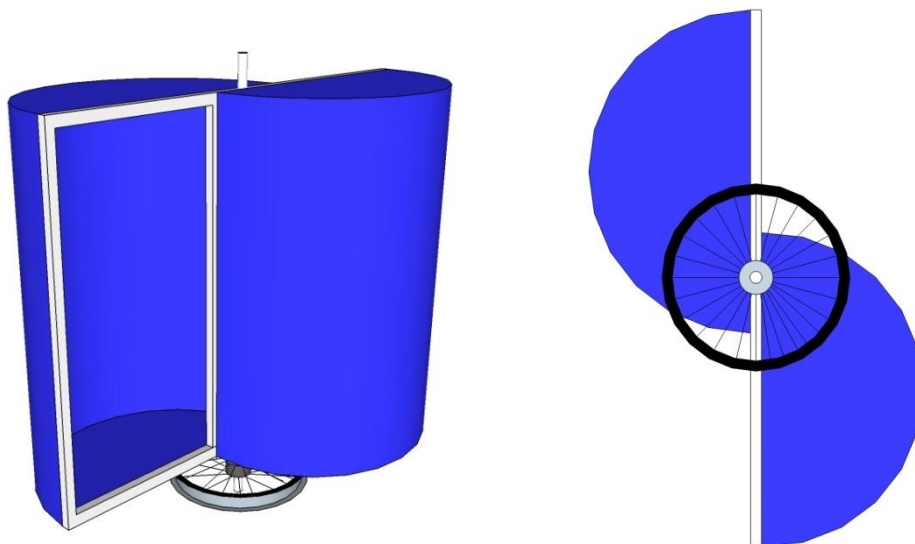


Ilustración 62. Estructura hélices con rueda de bicicleta ensamblada.

Paso 4: Ensamblaje de la estructura "U" y la estructura para hélices

Ahora es momento de ensamblar las dos estructuras construidas en los anteriores pasos. Para ello disponemos de dos opciones, la primera es la colocación de dos cojinetes en las cruces que forman las uniones de la estructura "U", un cojinete para la parte superior y otro para la parte inferior. En el caso de no disponer de cojines, disponemos de otra opción que es la de realizar unos agujeros pasantes en el mismo lugar donde irían ubicados los cojinetes. La función tanto los cojinetes como de los agujeros pasantes permitirá el giro del eje y las hélices. En este caso práctico que nos ocupa, optamos por la opción de los agujeros.

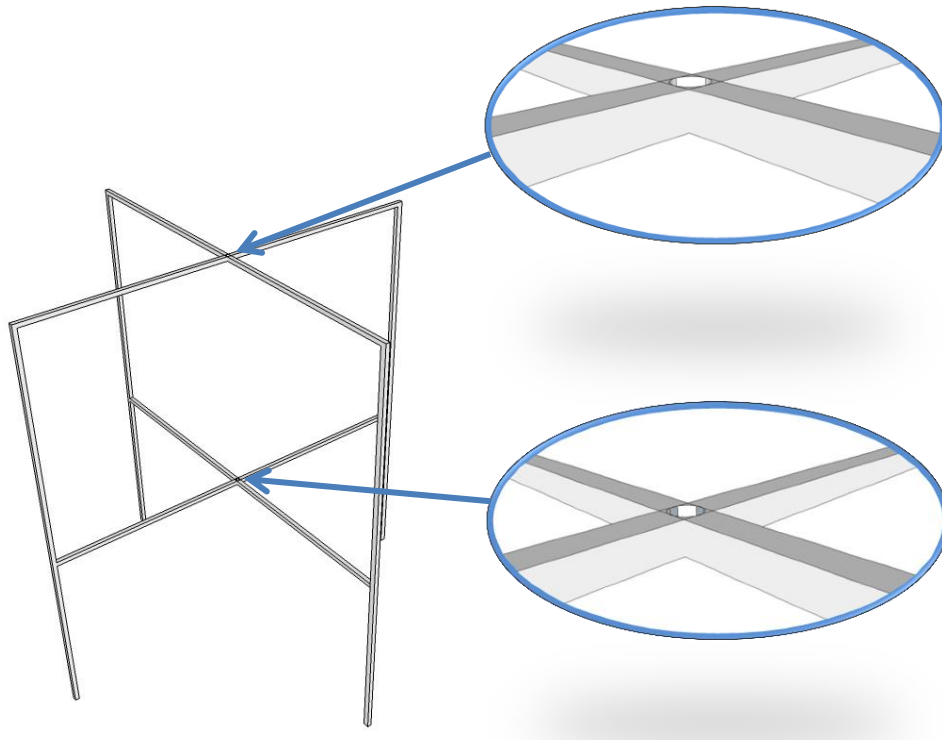


Ilustración 63. Detalle de los agujeros pasantes de la estructura "U".

La estructura final una vez ensambladas las dos estructuras será parecida a la siguiente imagen:

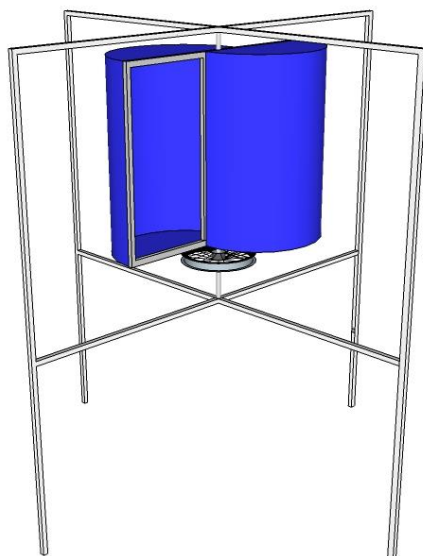


Ilustración 64. Estructura final Savonius doméstico.

Paso 5: Colocación del generador eléctrico

Una vez tengamos la estructura final finalizada, es momento de la colocación del generador eléctrico. El generador eléctrico nos permitirá convertir la fuerza del viento en energía eléctrica.

La ubicación escogida para el aerogenerador Savonius doméstico que nos ocupa es en uno de los postes laterales de la estructura, es probable que los anclajes del propio generador no coincidan con las dimensiones de los perfiles escogidas para la construcción de la estructura, en este caso necesitaremos una plancha pequeña donde colocarlo. En el caso de necesitar una plancha metálica primero la sujetaremos a la estructura y posteriormente sujetaremos el generador a la plancha metálica, ambas sujeciones se realizarán con tornillos. Para poder transmitir el movimiento de las hélices al generador eléctrico, hay que unir la rueda de la bicicleta con la polea del generador, para realizar dicha unión vamos a emplear una correa. Es muy importante que tanto el eje de las hélices (rueda de bicicleta) como la polea del generador eléctrico estén bien alineados, una mala alineación puede provocar el desgaste excesivo de la correa o que salga de las poleas entre otras cosas.

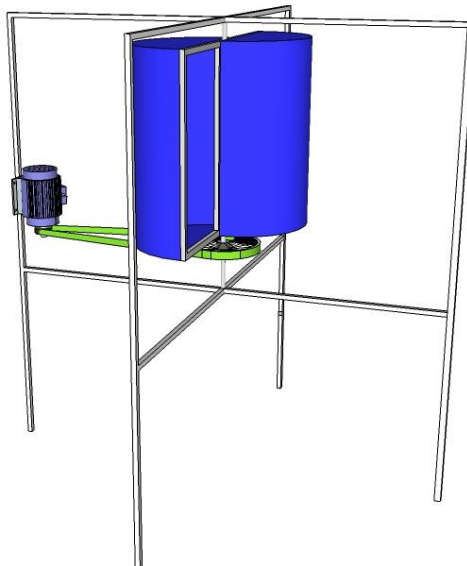


Ilustración 65. Aerogenerador Savonius doméstico con correa.

Una vez colocada la correa es momento de enclavar el aerogenerador Savonius doméstico al suelo, para ello debemos realizar cuatro agujeros en el suelo de unos 30 centímetros aproximadamente cada uno. Es importante que todas las patas estén enterradas a la misma distancia. Para evitar que una pata se hunda más que la otra con el paso de los años, es aconsejable que una vez cavados a la distancia deseada coloquemos un objeto dentro del agujero de cada pata que haga de tope como por ejemplo, una piedra plana. La imagen final del Aerogenerador Savonius doméstico será algo parecido a la siguiente imagen.

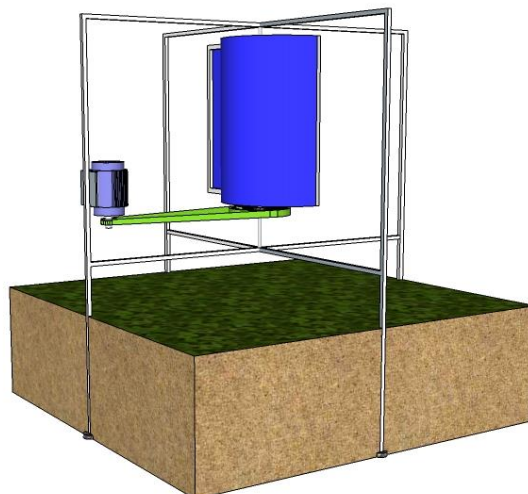


Ilustración 66. Aerogenerador Savonius doméstico final.

8.6.4. Potencia Aerogenerador Savonius doméstico.

Una vez fabricado nuestro Aerogenerador Savonius doméstico, es el momento de saber la potencia que nos puede dar. Para ello vamos a aplicar las fórmulas que ya se han visto con anterioridad (1.3.2.2. *Tipos de Aerogeneradores de Eje Vertical*).

La potencia generada por un Savonius viene dada por:

$$P_{MAX} = 0'18 \cdot h \cdot D \cdot V^3 \text{ [Wattios, W]}$$

Donde,

h: la altura de las hélices [metros, m].

D: diámetro del rotor [metros, m].

V: la velocidad del viento [metros/segundo, m/s]

Para el caso práctico que nos ocupa,

Altura de las hélices, h: 0'406 metros.

Diámetro de las hélices d: 0'2442 metros.

Velocidad el viento, V: 10 m/s.

$$P_{MAX} = 0'18 \cdot h \cdot D \cdot V^3 \rightarrow P_{MAX} = 0'18 \cdot 0'406 \text{ m} \cdot 0'2442 \text{ m} \cdot 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow P_{MAX} = 18,85 \text{ W}$$

Con una velocidad del viento de 10m/s el Aerogenerador Savonius doméstico generaría aproximadamente 19 Wattios de potencia.

En el siguiente gráfico podemos observar la potencia que puede generar el aerogenerador Savonius doméstico en función de la velocidad del viento.

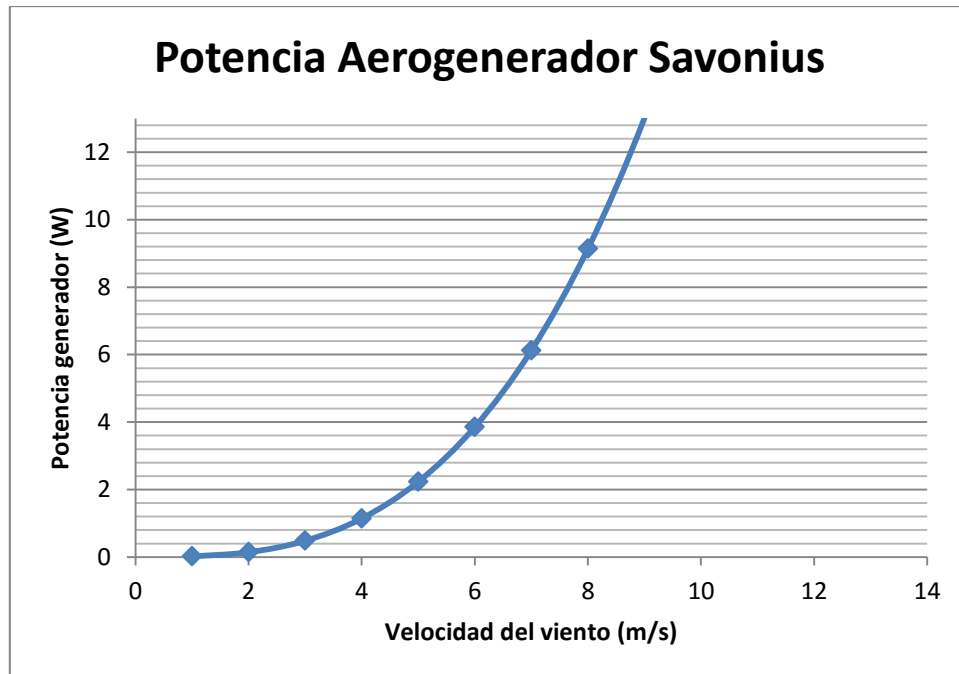


Ilustración 67. Potencia en función del viento Aerogenerador Savonius doméstico.

8.6.5. Dimensionado de la polea del generador.

La velocidad que transmiten las hélices a la polea que están unidas, en este caso la rueda de bicicleta, es completamente diferente a la velocidad que la rueda de la bicicleta transmite a la polea del generador.

Para calcular la velocidad de giro de la polea de las hélices, rueda de bicicleta, aplicaremos la siguiente formula:

$$n_{\text{aerogenerador}} = \frac{60 \cdot V \cdot \lambda}{\pi \cdot D} [\text{revoluciones por minuto, rpm}]$$

Esta velocidad dependerá en gran medida de la carga que arrastre el Aerogenerador.

Donde,

λ : velocidad específica es un valor propio de cada tipo de hélice, para hélices Savonius $\lambda=1$

D: diámetro del rotor [metros, m].

V: la velocidad del viento [metros/segundo, m/s]

π : 3,1416

Para el caso práctico que nos ocupa,

λ : un valor entre 0'9 y 1'1. Para el ejemplo, λ : 1

Velocidad el viento, V: 10 m/s.

Diámetro de las hélices d: 0'2442 metros.

π : 3,1416

$$n_{\text{aerogenerador}} = \frac{60 \cdot V \cdot \lambda}{\pi \cdot D} \rightarrow n_{\text{aerogenerador}} = \frac{60 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1}{3,1416 \cdot 0'2442 \text{m}} \rightarrow n = 782 \text{ rpm}$$

Esto significa que la polea de las hélices girará a una velocidad de 782 rpm pero, la polea del generador eléctrico al ser de un diámetro inferior girará a mayor velocidad.

Para el ejemplo que nos ocupa, escogemos un generador de Corriente continua con las siguientes características:

Generador CC:

Voltaje: 24 Voltios

Potencia 300 Wattios.

Velocidad, $n=2500\text{rpm}$

Intensidad= 16 A

Sabiendo la velocidad giro del generador CC escogido ($n=2500\text{rpm}$) y la velocidad de giro de las hélices, podemos calcular la relación de tamaño de las dos poleas.

$$\begin{aligned}
 D_{\text{hélices}} \cdot n_{\text{hélices}} &= D_{\text{polea generador}} \cdot n_{\text{polea generador}} \rightarrow \\
 \rightarrow \frac{D_{\text{hélices}} \cdot n_{\text{hélices}}}{n_{\text{polea generador}}} &= D_{\text{polea generador}} \rightarrow \\
 \rightarrow \frac{24'42\text{cm} \cdot 782\text{rpm}}{2500\text{rpm}} &\rightarrow D_{\text{polea generador}} = 7'6\text{cm}
 \end{aligned}$$

Por lo que la polea del generador CC deberá tener un diámetro de 7'6cm.

9. Conclusiones.

Una vez finalizado el proyecto, he reflexionado sobre algunos aspectos trabajados y aprendidos durante la realización del trabajo. De ellos puedo extraer varias conclusiones.

La situación de algunas regiones de Argentina era totalmente desconocida para mí, por lo que la realización de este trabajo me ha ayudado a conocer un poco mejor la realidad que viven muchas familias en Argentina pero lamentablemente esta situación no sólo se delimita a este país.

Movimientos como el MOCASE y proyectos como la UNICA-Suri son una pequeña parte de toda la ayuda que estas personas necesitan para tener ya no un futuro mejor, sino un presente. Gente de otros países se involucra en que las injusticias que ocurren en estos países sean visibles para otras organizaciones mundiales y provocar que las injusticias cesen pero queda mucho trabajo por hacer y un largo camino que recorrer.

Sólo espero que con este proyecto se pueda ayudar a mostrar otro tipo de vida a los jóvenes que ayuda la UNICAM-Suri.

10. Agradecimientos.

Llegados a este punto me gustaría dar las gracias a todas las personas que me han ayudado en la realización de este proyecto, especialmente a Xavier Álvarez por sus consejos, ayuda y guía en la realización de este proyecto.

Especialmente quiero dar las gracias a mi familia, que como auténticos sherpas siempre han estado a mi lado durante todo el camino y que sin ellos no hubiera sido posible llegar a la cima de esta montaña.

También me gustaría dar las gracias a todas las personas con las que he compartido horas de clase, de estudio, exámenes, trabajos, prácticas, *tuppers*, cafés, cañas, fiestas, “campanas”, barbacoas, vacaciones, biblioteca, momentos buenos y momentos no tan buenos, discusiones y bromas, a la universidad por darme la opción de trabajar como becario, a todos ellos muchas gracias por hacer de esta etapa una etapa inolvidable.

A todos ellos: ¡Muchas gracias!

Sergi Mangas Solé

11. Referencias.

Libros:

Roldán Vilorio, José (2012) ***Energías renovables: lo que hay que saber***. Madrid: Paraninfo, cop.

Urkia Lus, Iñaki (2003) ***Energía renovable práctica***. Pamplona: Pamiela.

Gipe, Paul (2000) ***Energía eólica práctica: una guía para instalación y uso de pequeños sistemas eólicos***. Sevilla: Progenisa.

Méndez Muñiz, Javier María (2012) ***Energía eólica***. Madrid: Fundación Confemetal.

Jiménez Bolaño, José Manuel (1999) ***ingenios solares: manual práctico para la construcción de aparatos sencillos relacionados con la energía solar***. Pamplona: Pamiela.

Normativa:

Reglamento de Instalaciones Técnicas en Edificios (RITE)– Guía Técnica, Instalaciones de calefacción individual.

Webs:

www.fierasdelaingenieria.com

https://es.wikipedia.org/wiki/Poder_calor%C3%ADfco#Tipos_de_poder_calor.C3%ADfco

<http://www.idae.es/index.php/idpag.16/mod.pags/mem.detalle>

http://wattverd.com/cast/biomasa_forestal_cast.htm

<http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi98/Algarrobo/p11at.htm>

<http://preciogas.com/conceptos/precio-kwh#kilovatio-hora-gas-natural>

http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Informe_Precios_combustibles_carburantes_num_86_26_agosto_2013_4ff43e59.pdf

<http://tiendabiomasa.com/>

<http://www.srlegua.com/fr/>

https://es.wikipedia.org/wiki/Movimiento_Campesino_de_Santiago_del_Estero

<http://www.abayalacolectivo.com/web/compartir/noticia/el-movimiento-campesino-de-santiago-del-estero--historia---patricia-durand>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa>

https://es.wikipedia.org/wiki/Accidente_nuclear#Accidentes_nucleares

<http://www.censolar.es/menu2.htm>

<http://www.solarweb.net/forosolar/solar-termica/11681-inclinacion-optima.html>

<http://pedrojhernandez.com/2014/04/01/energia-solar-termica/>

12. Índice de ilustraciones.

<i>Ilustración 1. Mapa provincias de Argentina.....</i>	<i>7</i>
<i>Ilustración 2. Comparativa a escala entre la Tierra y el Sol.....</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración 3. Ejemplo fuerza ondas solares.</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración 4. Radiación Solar.</i>	<i>17</i>
<i>Ilustración 5. Descomposición de la Luz solar Blanca.....</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 6. Luz solar impactando en objeto negro y blanco.</i>	<i>19</i>
<i>Ilustración 7. Luz solar impactando en objeto rojo y verde.</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 8. Transmisión de Calor por Convección.</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 9. Transmisión de Calor por Conducción.....</i>	<i>23</i>
<i>Ilustración 10. Transmisión de Calor por Radiación.</i>	<i>24</i>
<i>Ilustración 11. Efecto invernadero.....</i>	<i>26</i>
<i>Ilustración 12. Inclinación Captadores Solares para Agua Solar Sanitaria.</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 13. Posición del Sol respecto al hemisferio Sur.</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 14. Planta de energía Termo-Solar en Andalucía.</i>	<i>30</i>
<i>Ilustración 15. Grados de inclinación del Horno Solar 30-60.....</i>	<i>31</i>
<i>Ilustración 16. Horno Solar inclinación 30 °.....</i>	<i>31</i>
<i>Ilustración 17. Tablero A, laterales Horno Solar 30-60.....</i>	<i>34</i>
<i>Ilustración 18. Tablero A, triángulo lateral.....</i>	<i>35</i>
<i>Ilustración 19. Tablero A, triángulo lateral final.....</i>	<i>35</i>
<i>Ilustración 20. Listón A, listones para el esqueleto del Horno Solar 30-60.</i>	<i>36</i>
<i>Ilustración 21. Listón A, listones para el frontal del Horno Solar 30-60.....</i>	<i>36</i>
<i>Ilustración 22. Estructura principal del Horno Solar 30-60.</i>	<i>37</i>
<i>Ilustración 23. Estructura Horno Solar 30-60 finalizada.....</i>	<i>38</i>
<i>Ilustración 24. Horno Solar 30-60 con Aislamiento Térmico Convección.....</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 25. Horno Solar 30-60 con Aislamiento Térmico Radiación.....</i>	<i>40</i>
<i>Ilustración 26. Listón B, listones para el marco de la puerta/captador del Horno Solar 30-60.</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 27. Marco del Captador Solar/Puerta Horno Solar 30-60.....</i>	<i>42</i>
<i>Ilustración 28. Listón C, listones para la sujeción del cristal de la puerta/captador del Horno Solar 30-60.</i>	<i>42</i>
<i>Ilustración 29. Marco interior de la puerta del Horno Solar 30-60.</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 30. Puerta Horno Solar 30-60.</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 31. Horno Solar 30-60 con puerta instalada.</i>	<i>45</i>
<i>Ilustración 32. Burlete.</i>	<i>46</i>
<i>Ilustración 33. Cierres de cartola.</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 34. Esquema de una Instalación Solar Térmica de Agua Caliente Sanitaria.....</i>	<i>48</i>
<i>Ilustración 35. Captador o Colector Solar.</i>	<i>48</i>
<i>Ilustración 36. Intercambiador de una Instalación de Agua Caliente Sanitaria.</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 37. Vaso de Expansión.</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 38. Captador solar con depósito para ACS.....</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 39. Diagrama tipos y usos de la Energía de la Biomasa.</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 40. Diagrama origen Biomasa</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 41. Central Eléctrica Biomasa.</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 42. Campesinos utilizando un horno de leña.</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 43. Croquis tuberías interior horno de leña.</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 44. Aerogeneradores Eje Horizontal Monopala, Bipala, Tripala.....</i>	<i>83</i>
<i>Ilustración 45. Aerogenerador Eje Horizontal Sotavento y Barlovento.</i>	<i>84</i>
<i>Ilustración 46. Rotor Savonius vista superior.....</i>	<i>85</i>
<i>Ilustración 47. Rotor Savonius.</i>	<i>85</i>

<i>Ilustración 48. Aerogeneradores Darrieus.</i>	87
<i>Ilustración 49. Aerogenerador Giromill.</i>	88
<i>Ilustración 50. Área de barrido Aerogenerador Tripala.</i>	90
<i>Ilustración 51. Área de viento Turbulento.</i>	91
<i>Ilustración 52. Coeficiente de potencia según Aerogenerador.</i>	92
<i>Ilustración 53. Campo offshore London Array</i>	93
<i>Ilustración 54. Bidón empleado para construir las hélices.</i>	96
<i>Ilustración 55. Croquis estructura soporte hélices.</i>	97
<i>Ilustración 56. Estructura hélices Savonius doméstico.</i>	98
<i>Ilustración 57. Estructura principal Aerogenerador Savonius.</i>	99
<i>Ilustración 58. Estructura Savonius doméstico.</i>	99
<i>Ilustración 59. Estructura Savonius doméstico vista aérea.</i>	100
<i>Ilustración 60. Estructura para las hélices y hélices.</i>	101
<i>Ilustración 61. Ensamblaje de la estructura para hélices y hélices.</i>	102
<i>Ilustración 62. Estructura hélices con rueda de bicicleta ensamblada.</i>	102
<i>Ilustración 63. Detalle de los agujeros pasantes de la estructura "U".</i>	103
<i>Ilustración 64. Estructura final Savonius doméstico.</i>	104
<i>Ilustración 65. Aerogenerador Savonius doméstico con carrea.</i>	105
<i>Ilustración 66. Aerogenerador Savonius doméstico final.</i>	106
<i>Ilustración 67. Potencia en función del viento Aerogenerador Savonius doméstico.</i>	107

13. Índice de tablas.

<i>Tabla 1. Equivalencias unidades de Energía</i>	11
<i>Tabla 2. Coste Horno Solar 30-60.</i>	33
<i>Tabla 3. Coste Instalación Agua Caliente Sanitaria.</i>	52
<i>Tabla 4. Poder Calorífico Inferior de diversos tipos de madera.</i>	58
<i>Tabla 5. Poder Calorífico Biocombustibles y Combustibles Fósiles.</i>	59
<i>Tabla 6. Demanda de Agua Caliente Sanitaria.</i>	64
<i>Tabla 7. Rendimientos caldera biomasa.</i>	68
<i>Tabla 8. Poder Calorífico Inferior o Neto maderas comunes.</i>	69
<i>Tabla 9. Cantidad de Biomasa kg/año.</i>	71
<i>Tabla 10. Precio combustible según distribuidor español</i>	71
<i>Tabla 11. Coste adaptación del horno de leñas para uso como caldera de biomasa.</i>	78
<i>Tabla 12. Densidad del aire según temperatura.</i>	89
<i>Tabla 13. Coste material aerogenerador Savonius doméstico.</i>	95

